



# КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В СПОРТИВНЫХ ЕДИНОБОРСТВАХ



**Волков В.В.**

*Преподаватель Лицея «Ученый Фитнес» (Москва)  
Тренер по физической подготовке*

# ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ЗНАНИЕ В ОБЛАСТИ СПОРТА

Теоретическое знание в области спорта основывается на биологических знаниях о строении тела спортсмена, особенностях работы физиологических систем при выполнении упражнений. Вариантами теоретического развития теории спорта являются медицинская адаптология (публикации Ф.З. Меерсона, 1979-1991), спортивная и спортивно-педагогическая адаптология (публикации В.Н. Селуянова 1999-2012).



Селуянов  
Виктор Николаевич  
(21.06.1946-16.07.2017)

# ЭМПИРИЧЕСКОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В СПОРТИВНОЙ НАУКЕ

## ЭМПИРИЧЕСКОЕ ЗНАНИЕ



- Наблюдение объекта
- Статистическая обработка
- Формулировка закономерностей
- **Не раскрывается сущность явлений!**



## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ЗНАНИЕ



- Объект взаимодействия модель
- Средство исследования моделирование
- Экспериментальная проверка положений
- **Раскрывается сущность явлений!**



# МЕТАБОЛИЗМ

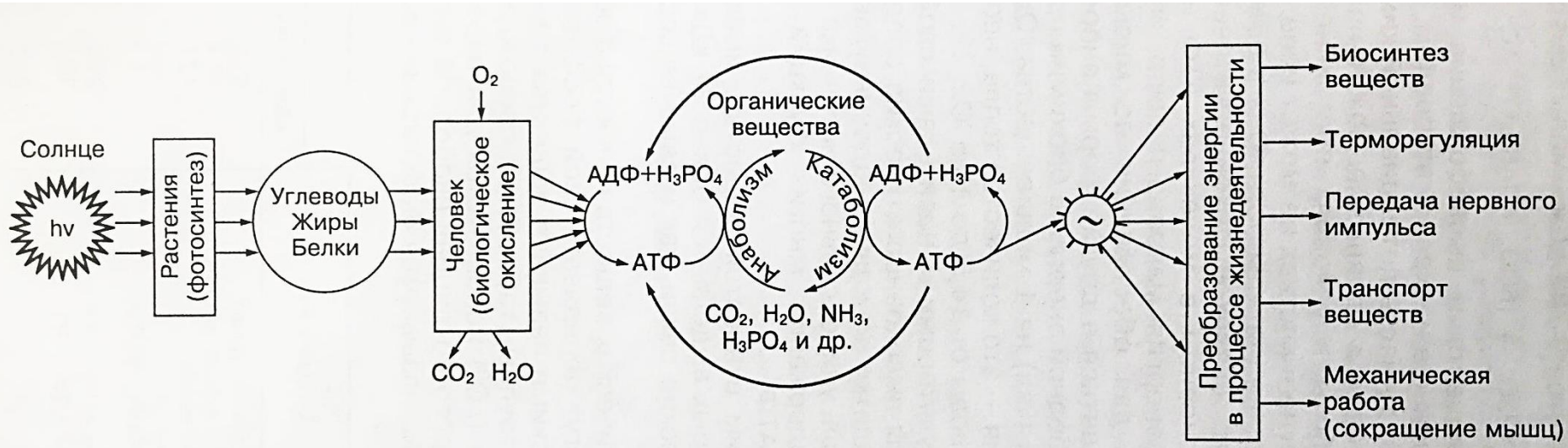
Высоко скоординированная деятельность клетки, при которой происходит взаимодействие многих мультиферментных систем для того, чтобы:

1. Извлечь химическую энергию из окружающей среды;
2. Превратить молекулы питательных веществ в собственные, характерные для данной клетки;
3. Осуществить синтез и деградацию биомолекул, необходимых клетке для выполнения ее функций.



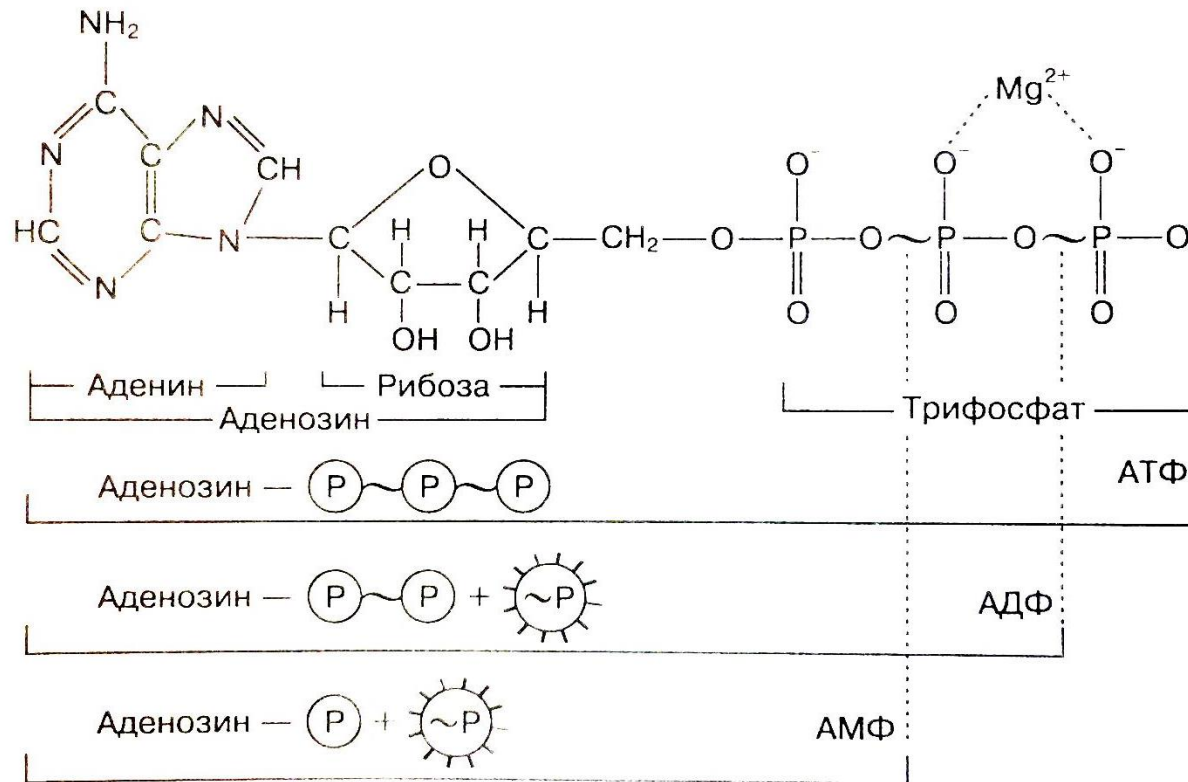


# СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ



Первичным источником энергии для всех живых организмов является энергия солнца. Организм человека получает энергию из внешней среды с растительной и животной пищей в виде углеводов, жиров и белков.

# АТФ – универсальный источник энергии в организме



Аденозинтрифосфорная кислота – нуклеотид, состоящий из азотистого основания – аденина, углевода – рибозы, которые вместе образуют аденозин, и трех остатков фосфорной кислоты.

# ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ПОЛЕЗНУЮ РАБОТУ

В ОДНО И ТО ЖЕ ВРЕМЯ



В РАЗНОЕ ВРЕМЯ

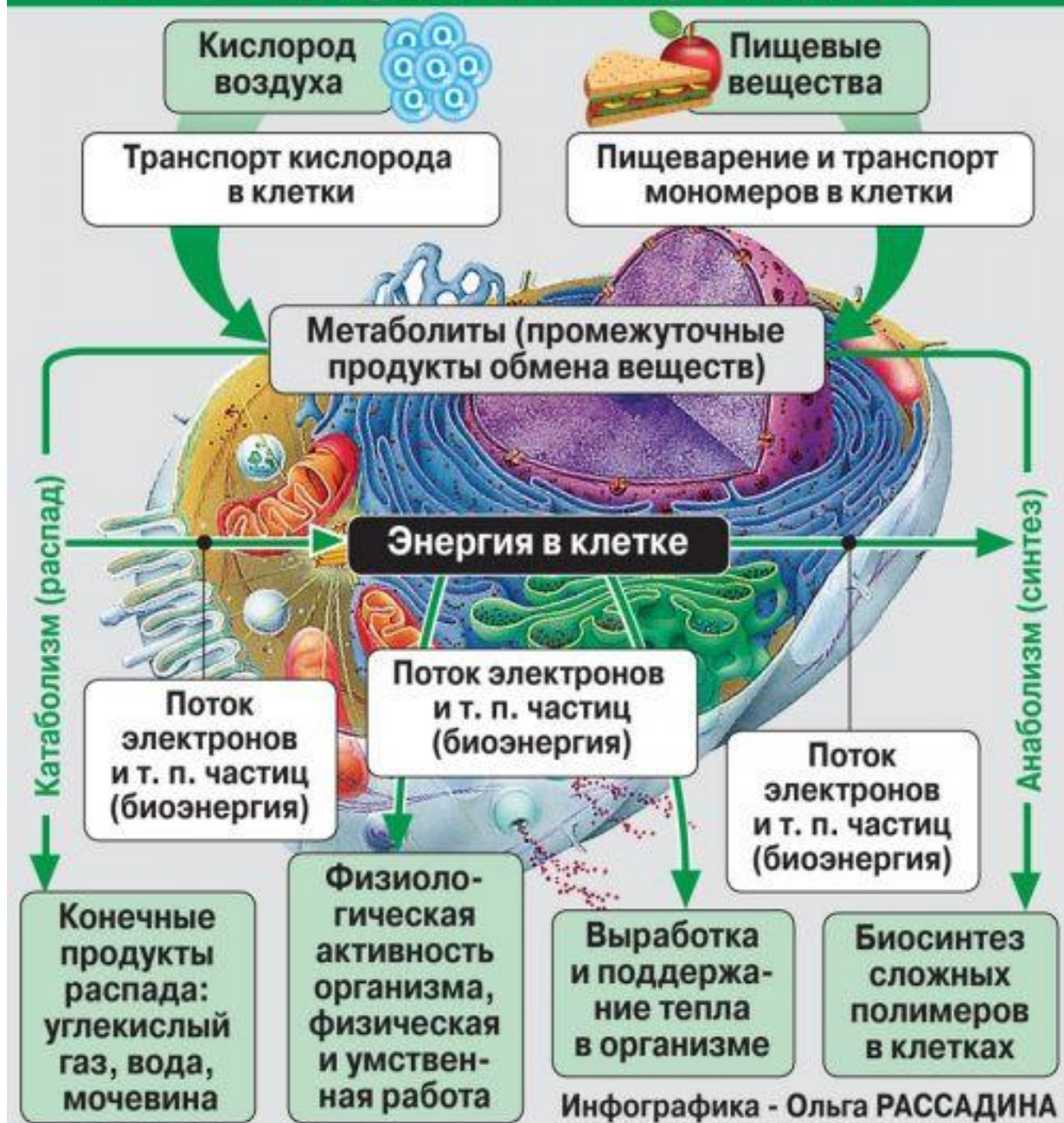


НАЛИЧИЕ ТОПЛИВНОГО БАКА!

Metabolic regulation: a human perspective / Keith N. Frayn. – 3rd ed. 2010.

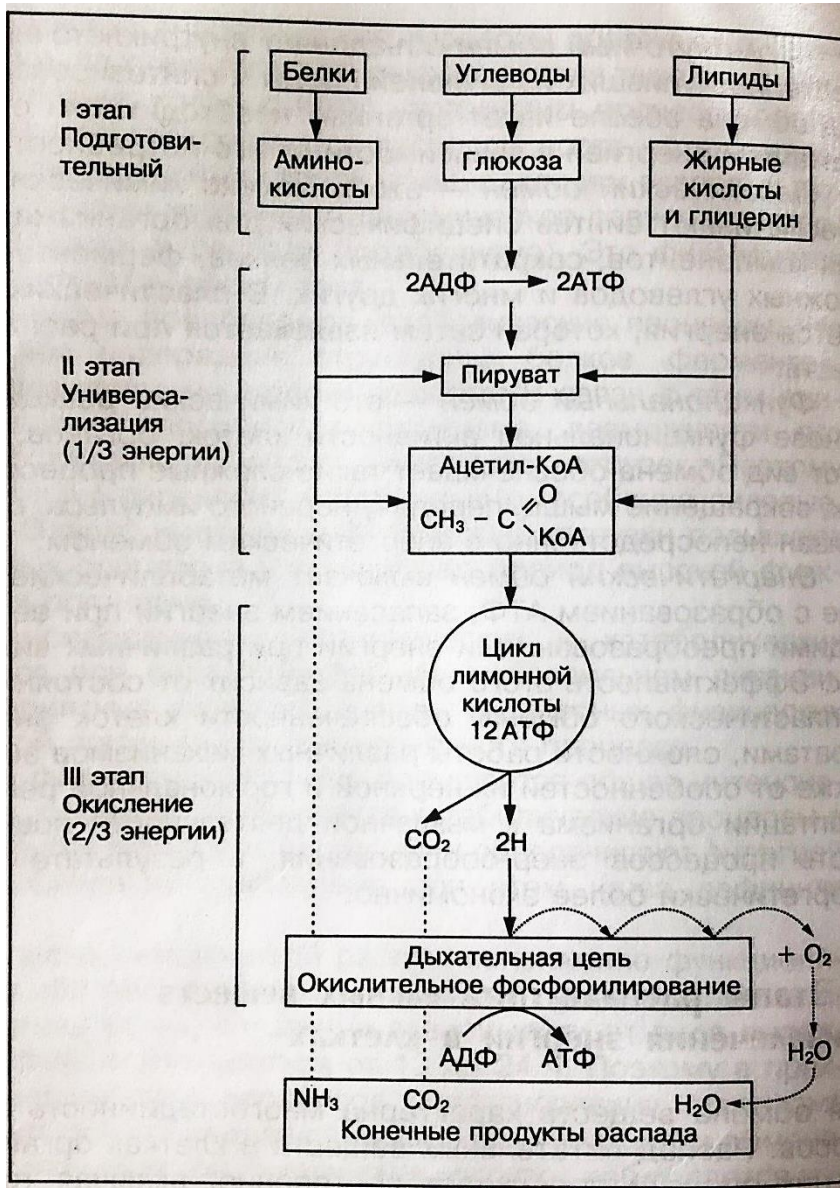


# Генерация и работа биоэнергии в клетке

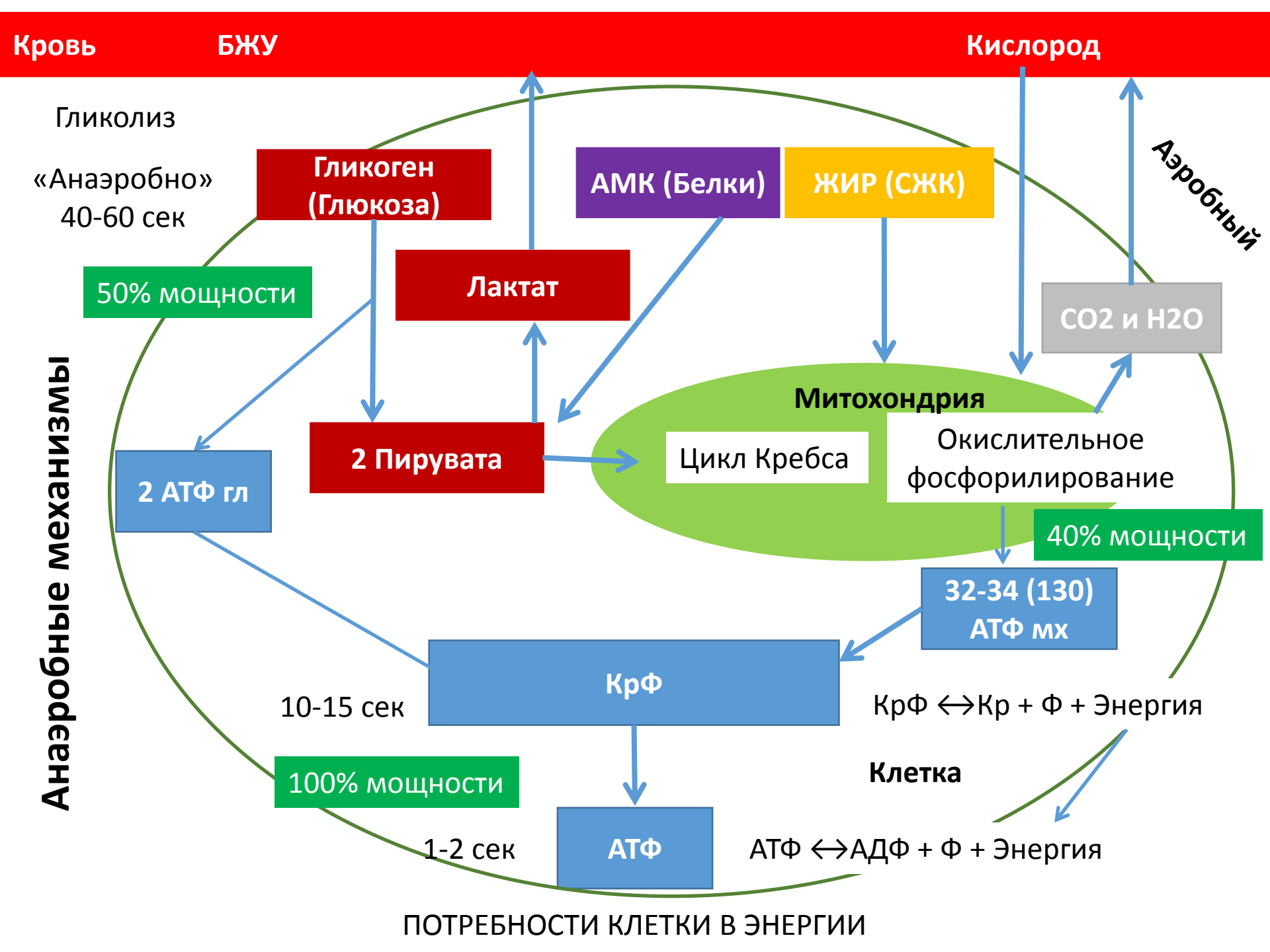




# ЭТАПЫ РАСПАДА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В КЛЕТКАХ



Для обмена веществ характерна многостадийность происходящих процессов. Образовавшиеся вещества на этапе универсализации превращаются в единое вещество - **ацетил-КоА**, которое является активной формой уксусной кислоты.



Кровь

БЖУ

Кислород

Гликолиз  
«Анаэробно»  
40-60 сек

**Гликоген (Глюкоза)**

**АМК (Белки)**

**ЖИР (СЖК)**

**50% мощности**

**Лактат**

**2 Пирувата**

**2 АТФ гл**

**Митохондрия**  
**Цикл Кребса**      **Окислительное фосфорилирование**

**40% мощности**

**32-34 (130) АТФ мх**

**CO2 и H2O**

**Анаэробные механизмы**

**10-15 сек**

**КрФ**

**КрФ ↔ Кр + Ф + Энергия**

**100% мощности**

**1-2 сек**

**АТФ**

**АТФ ↔ АДФ + Ф + Энергия**

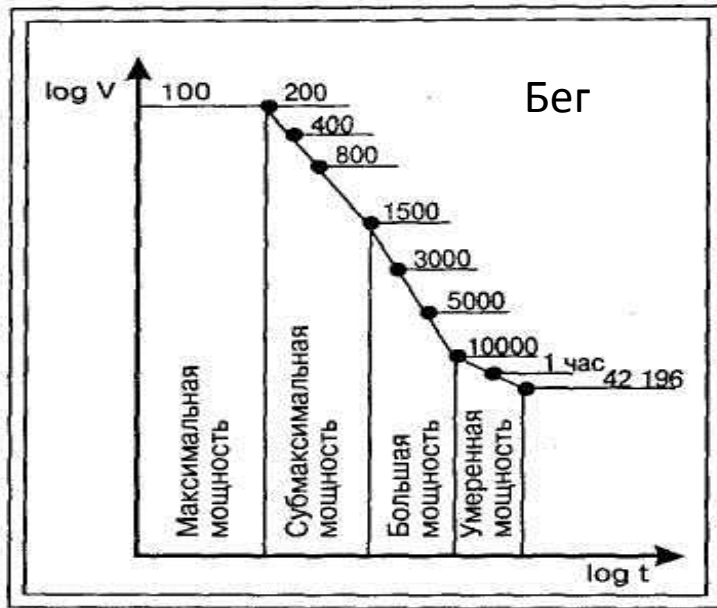
**Клетка**

**ПТРЕБНОСТИ КЛЕТКИ В ЭНЕРГИИ**

**Аэробный**

# БИОЭНЕРГЕТИКА УПРАЖНЕНИЙ ТРАДИЦИОННЫЙ ВЗГЛЯД

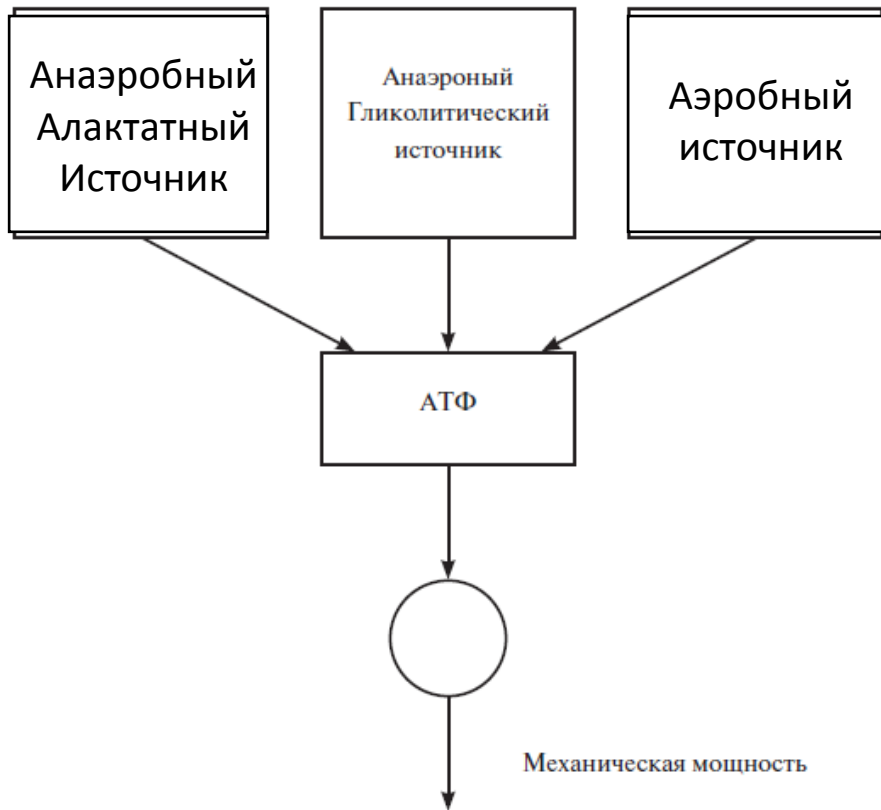
# КРИВАЯ МИРОВЫХ РЕКОРДОВ



Проанализировав по данным мировых рекордов зависимость между скоростью преодоления разных дистанции и предельным временем, В. С. Фарфель разделил "кривую рекордов" **на четыре зоны относительной мощности**: с предельной продолжительностью упражнений до 20 с (зона максимальной мощности), от 20 с до 3-5 мин (зона субмаксимальной мощности), от 3-5 до 30-40 мин (зона большой мощности) и более 40 мин (зона умеренной мощности). Такая классификация спортивных циклических упражнения получила широкое распространение.



# МОДЕЛЬ БИОЭНЕРГЕТИКИ (ТРАДИЦИОННАЯ)



Впервые модель энергообеспечения была представлена в работах R. Margaria (1976). Она включала три метаболических источника для ресинтеза молекул АТФ: алактатный, лактаcidный и аэробный.

Если использовать простейшую модель биоэнергетики, то единственным возможным объяснением перехода от аэробного энергообеспечения к анаэробному является нехватка кислорода в клетке. Критерием эффективности аэробного обеспечения является в этом случае максимальное потребление кислорода (МПК), которое лимитирует сердечно-сосудистая система (B. Saltin, 1973).

# ПРОСТАЯ МОДЕЛЬ БИОЭНЕРГЕТИКОВ

Разумеется, зоны мощности имеются, если использовать для объяснения явлений простейшую модель организма. Она состоит из одного мышечного волокна, сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

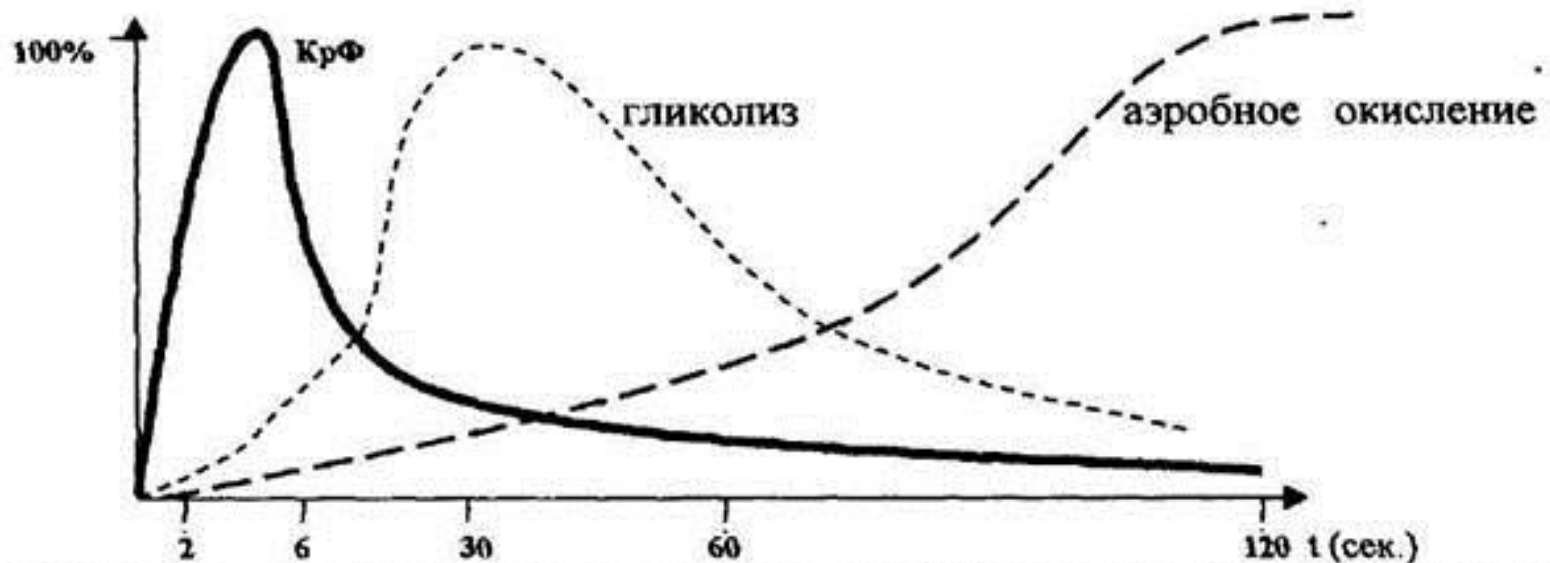
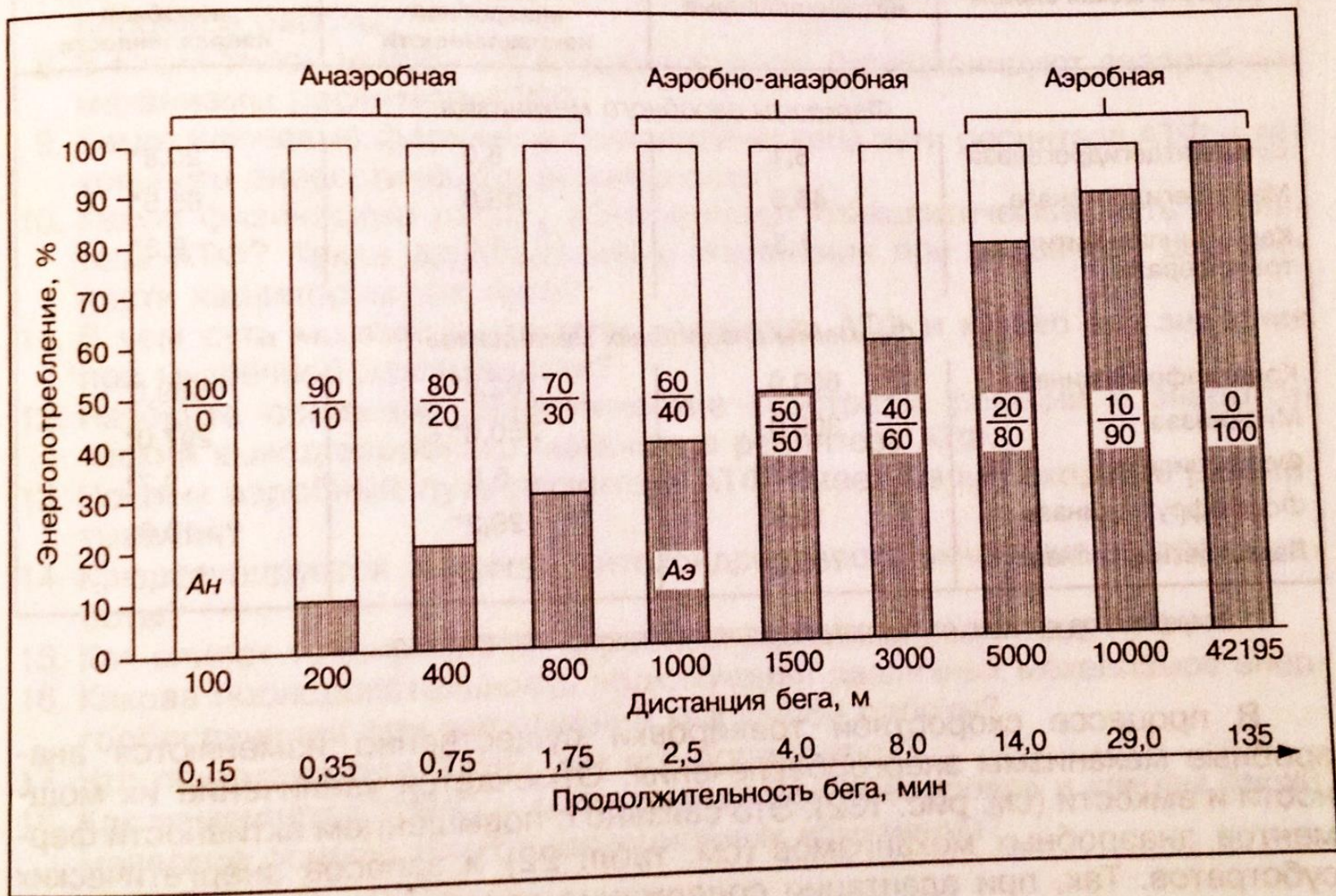


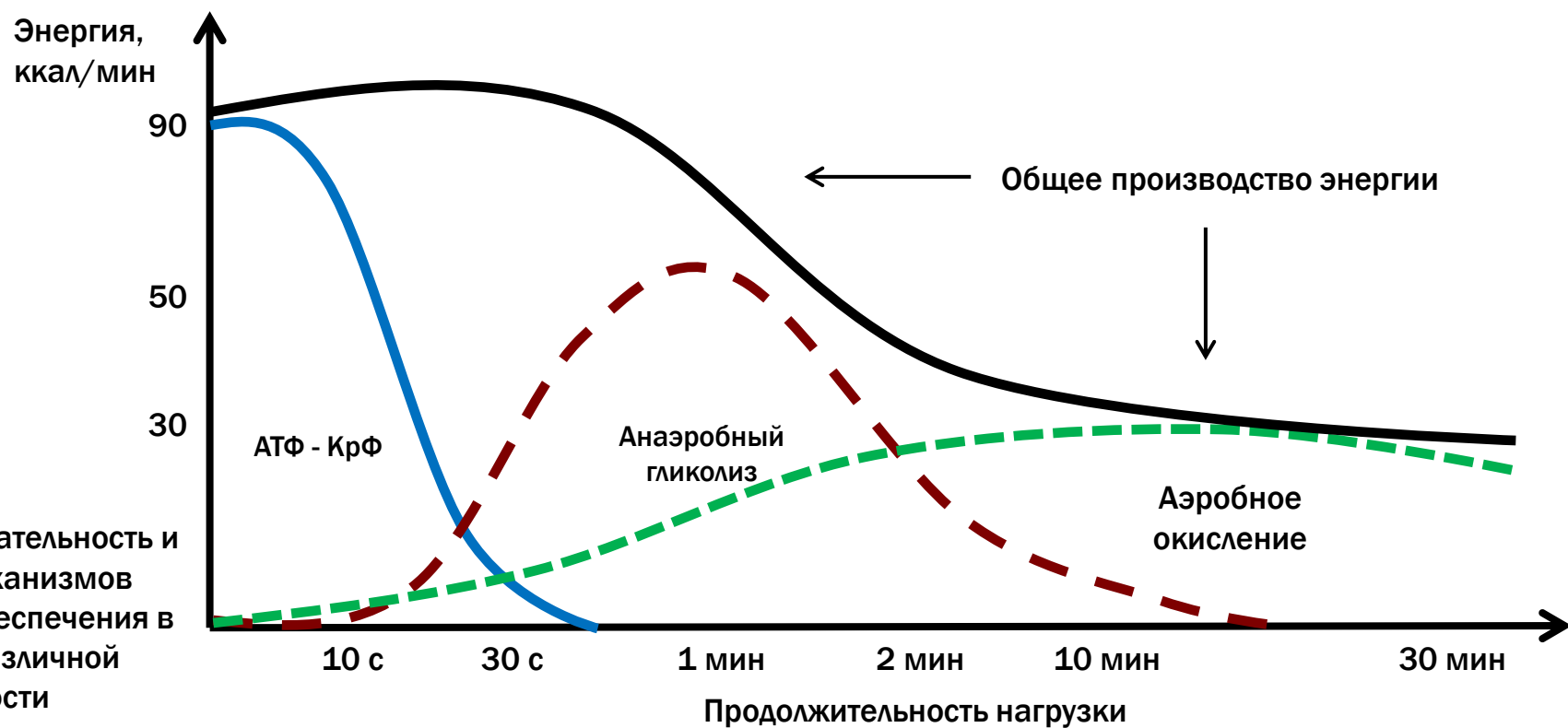
Рис.1. Участие различных механизмов ресинтеза АТФ в энергообеспечении мышечной деятельности в зависимости от длительности работы (по Н.Н. Яковлеву, 1974).

Таким образом, можно определить зоны: липолиза, смешанную, гликолиза, алактатную.



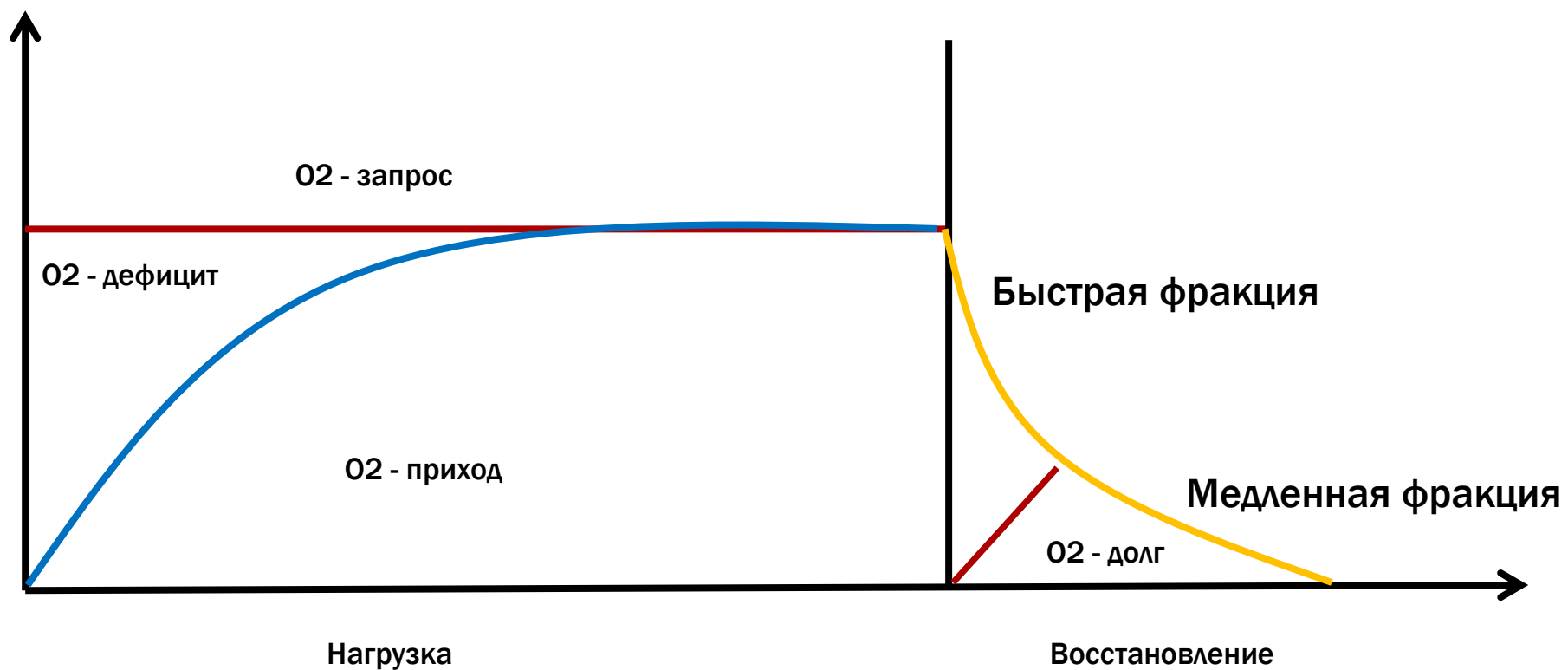
**Рис. 131**  
 Относительный энергетический вклад анаэробных (Ан) и аэробных (Аэ) механизмов в обеспечение бега на разные дистанции

# МЕХАНИЗМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ МЫШЦ





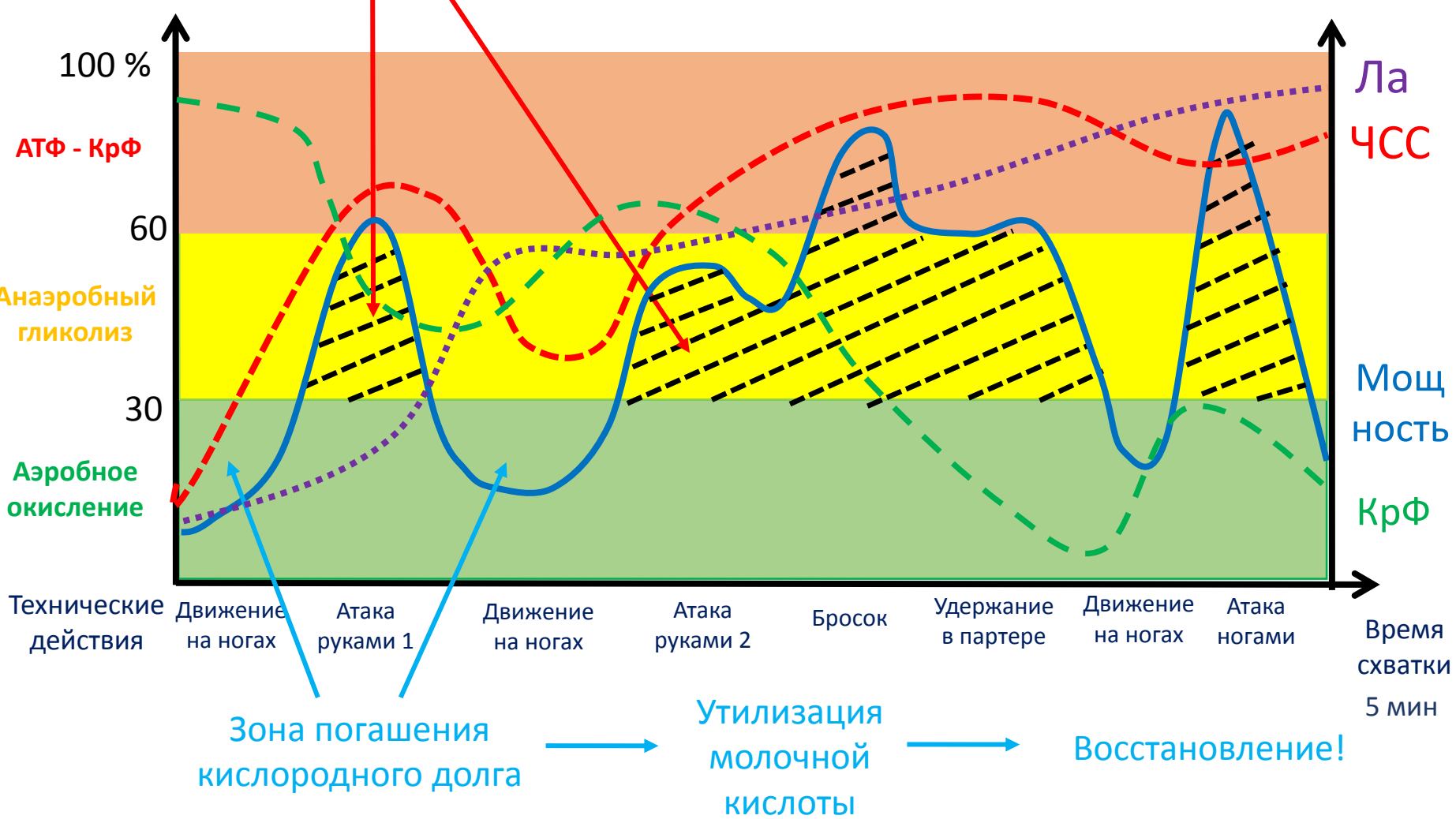
# МЕХАНИЗМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ МЫШЦ



# МОДЕЛЬ БИОЭНЕРГЕТИКИ РУКОПАШНОГО БОЯ (ТРАДИЦИОННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ)

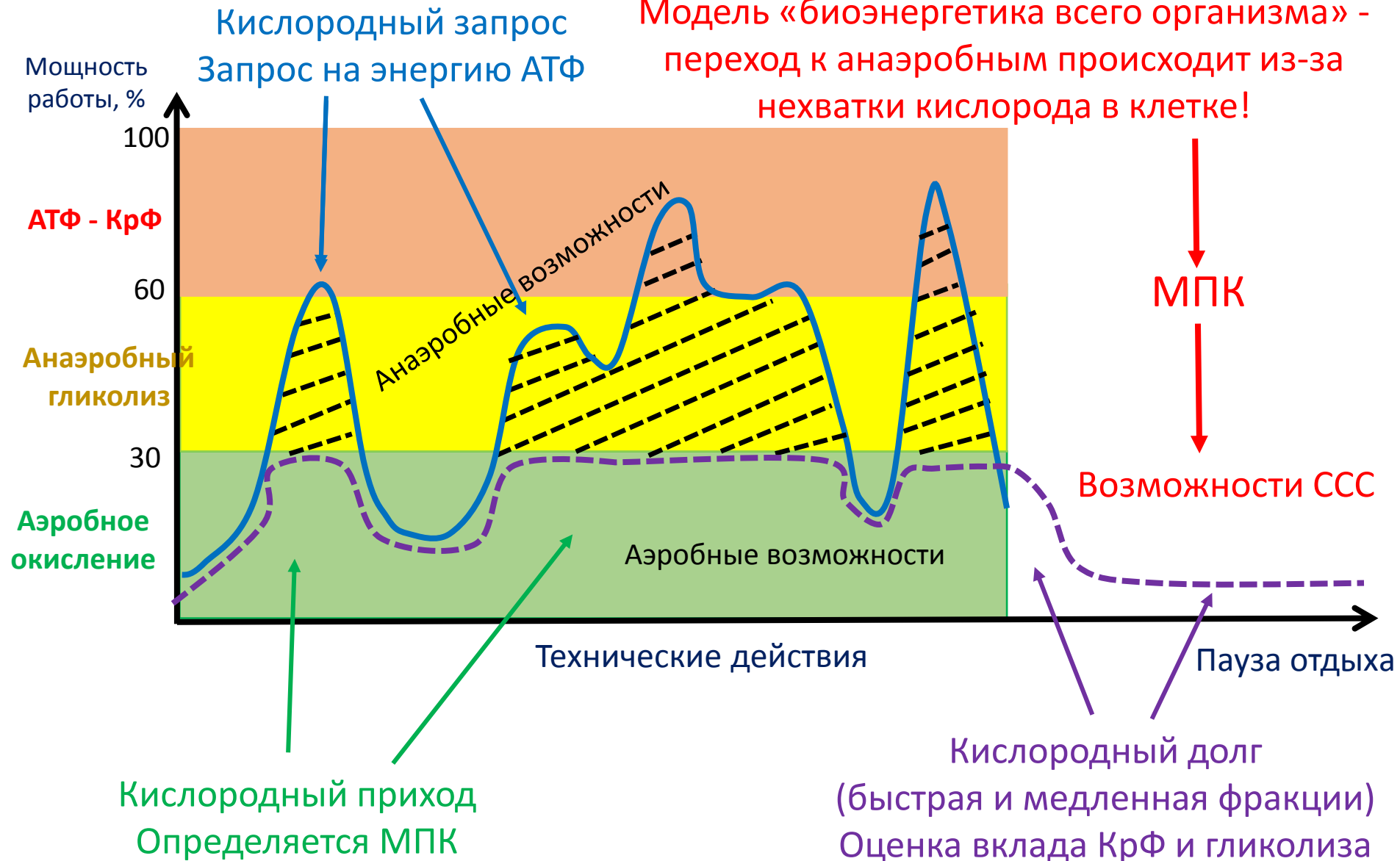
Зона кислородного дефицита → Образование молочной кислоты → Накопление утомления!

Работа «в долг» → Утилизация молочной кислоты → Восстановление!



# МОДЕЛЬ БИОЭНЕРГЕТИКИ РУКОПАШНОГО БОЯ (ТРАДИЦИОННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ)

Модель «биоэнергетика всего организма» -  
переход к анаэробным происходит из-за  
нехватки кислорода в клетке!



В простейшей модели R .Margaria (1976) увеличение интенсивности работы приводит к росту потребления кислорода.

**Здесь сразу же возникает вопрос, а как спортсмен увеличивает интенсивность или механическую мощность???**





# КАК РЕГУЛИРУЕТСЯ СИЛА МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ???



Биоэнергетики на этот вопрос вообще не отвечают, а  
нейрофизиологи точно знают, что рост силы  
сокращения мышц связан с рекрутированием  
двигательных единиц!!!!  
(Henneman, 1965)

# The Transition from Aerobic to Anaerobic Metabolism

James S. Skinner & Thomas H. McLellan

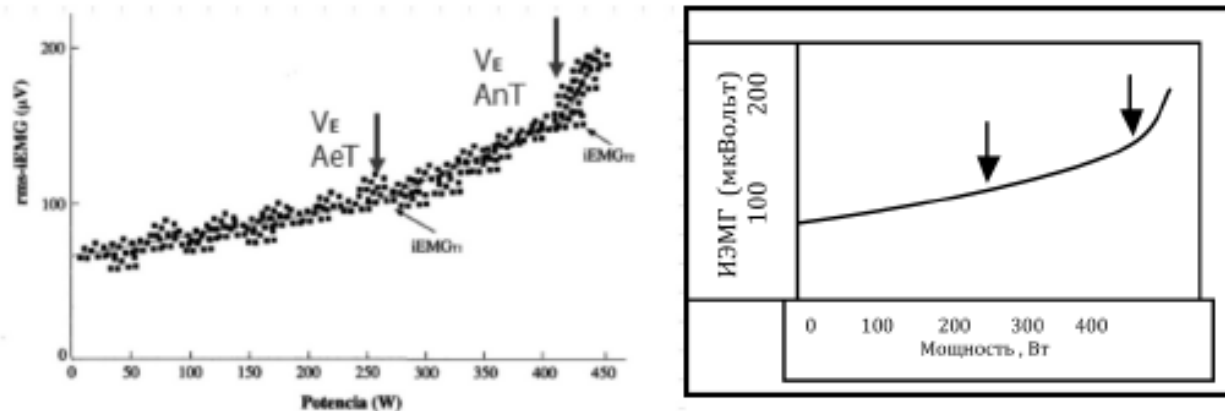
To cite this article: James S. Skinner & Thomas H. McLellan (1980) The Transition from Aerobic to Anaerobic Metabolism, Research Quarterly for Exercise and Sport, 51:1, 234-248, DOI: [10.1080/02701367.1980.10609285](https://doi.org/10.1080/02701367.1980.10609285)

Table 1—Hypothetical Model of Selected Characteristics of the Various Thresholds and Phases During Progressive Exercise from Rest to Maximal Oxygen Consumption

	Rest	Phase I	Aerobic Threshold	Phase II	Anaerobic Threshold	Phase III	$\dot{V}O_2$ max
Predominant Type of Metabolism		Aerobic		→		Anaerobic	
Predominant Substrate		Fat > Carbohydrate		→		Carbohydrate > Fat	
Predominant Muscle Fiber Type		I		I, IIa		I, IIa, IIb	
Relative Intensity (% $\dot{V}O_2$ max)			40–60		65–90		
Heart Rate ( $b \cdot \text{min}^{-1}$ )			130–150		160–180		
Blood Lactate ( $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ )			~2		~4		

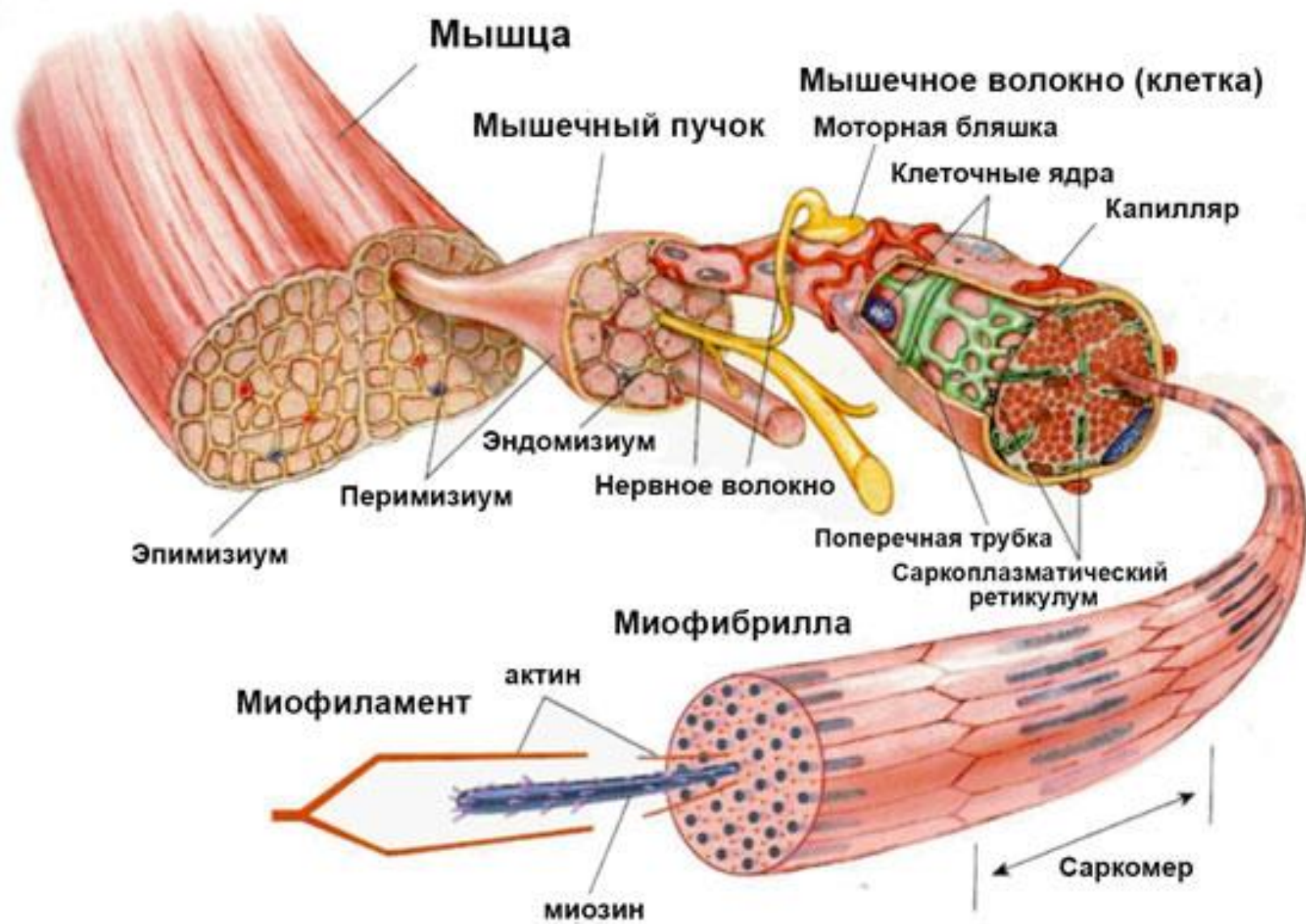
Теория Skinner J.S., MacLellan T.H., (1980) строилась на модели активной мышцы с наличием ОМВ, ПМВ и ГМВ, объясняла появление роста лактата в крови в ступенчатом тесте в результате рекрутирования всех ОМВ, и начале рекрутирования ПМВ или ГМВ, в которых недостаточно митохондрий и начинает функционировать анаэробный гликолиз.

Следовательно, если увеличить темп педалирования в ступенчатом тесте с 75 об/мин до 90 об/мин, то все ОМВ будут рекрутироваться при том же внешнем сопротивлении, а мощность в этот момент будет выше на 16-20%. Эксперименты показали, что именно так и происходит при изменении темпа педалирования в ступенчатом тесте.



*Рисунок 2.16. Изменение электрической активности мышц ног при выполнении ступенчатого теста*

В биоэнергетической литературе накопление лактата связывают с недостатком поступления кислорода к мышце (о мышечных волокнах вообще ничего не говорят, как студенты двоешники).

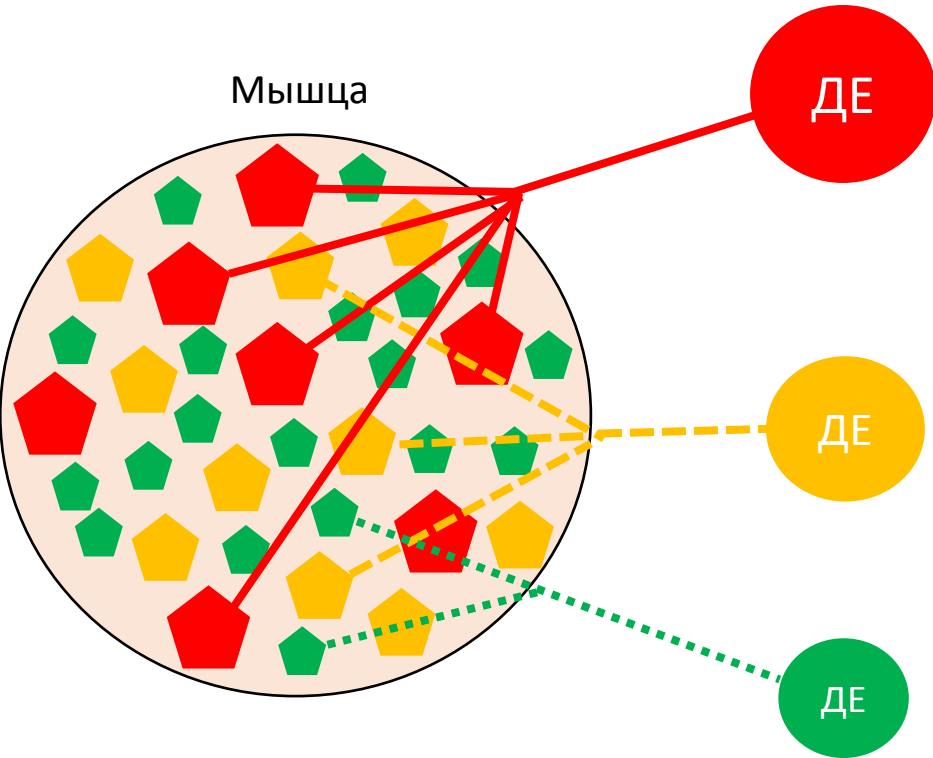


# КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕ

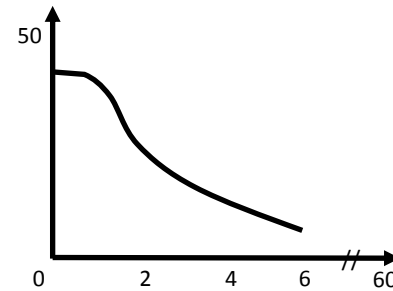
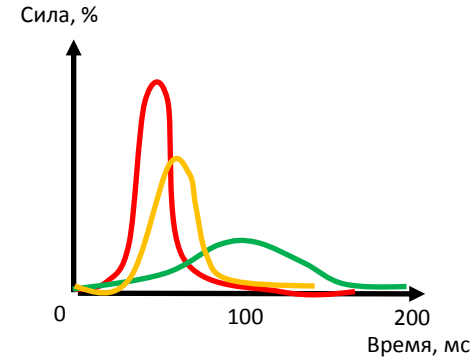
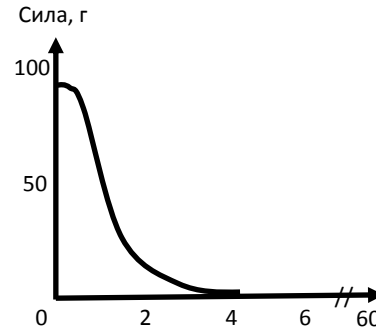
Активность миозиновой АТФ-азы  
связана с интенсивностью  
сокращений МВ

Спинальный мозг

Мышца

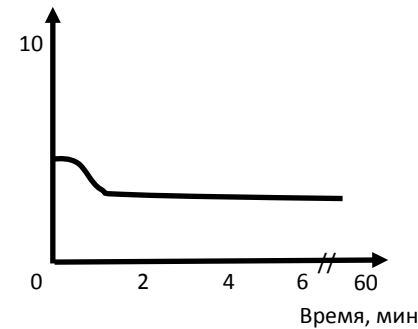


Строение и функция мотонейрона  
соответствует морфологическим  
характеристикам мышечных  
волокон, которые он иннервирует.



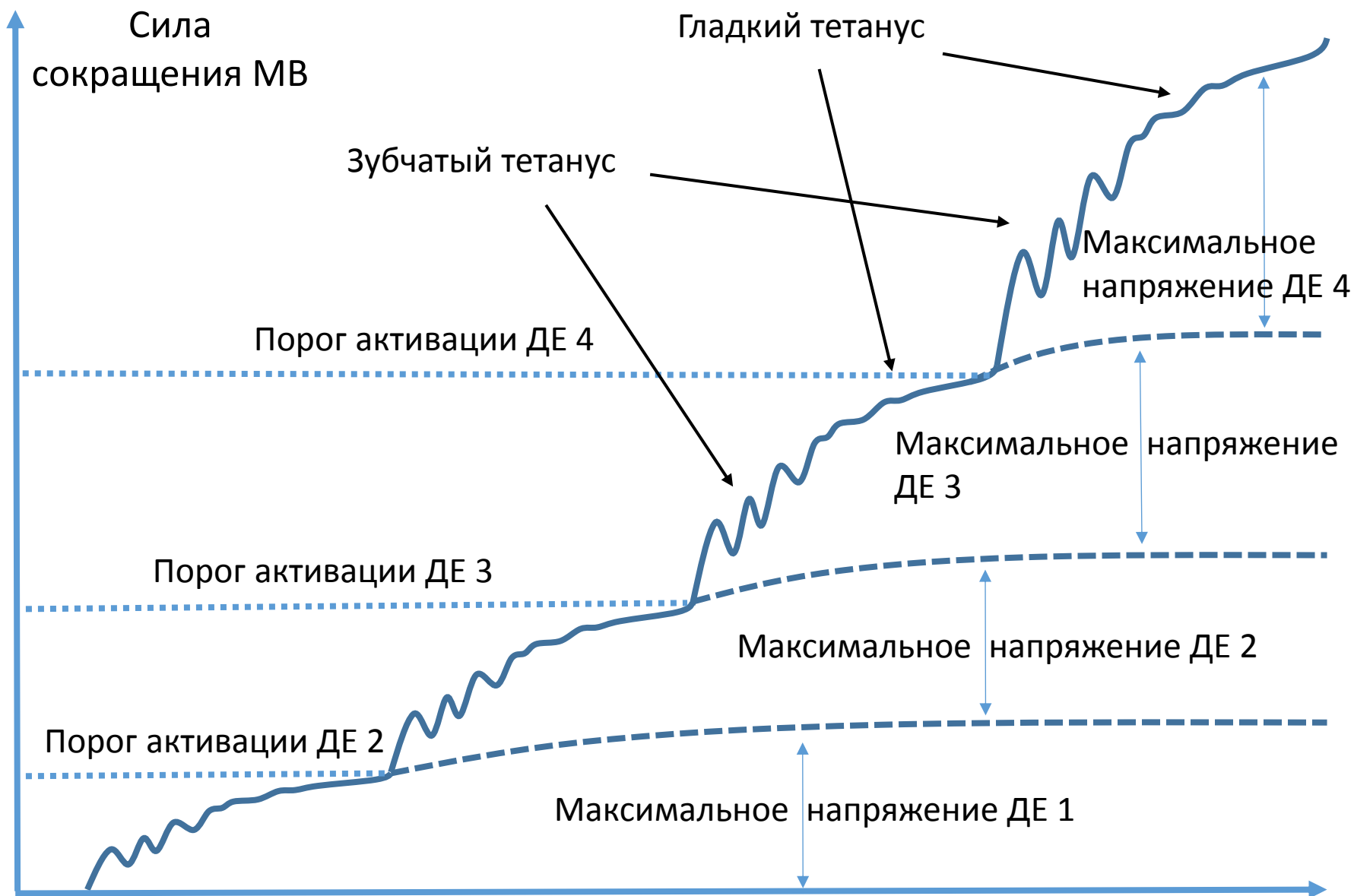
Существует различие во  
времени сокращения  
разных ДЕ (от 20 до 140 мс).

Время сокращения всей  
мышцы отражает состав  
ДЕ.

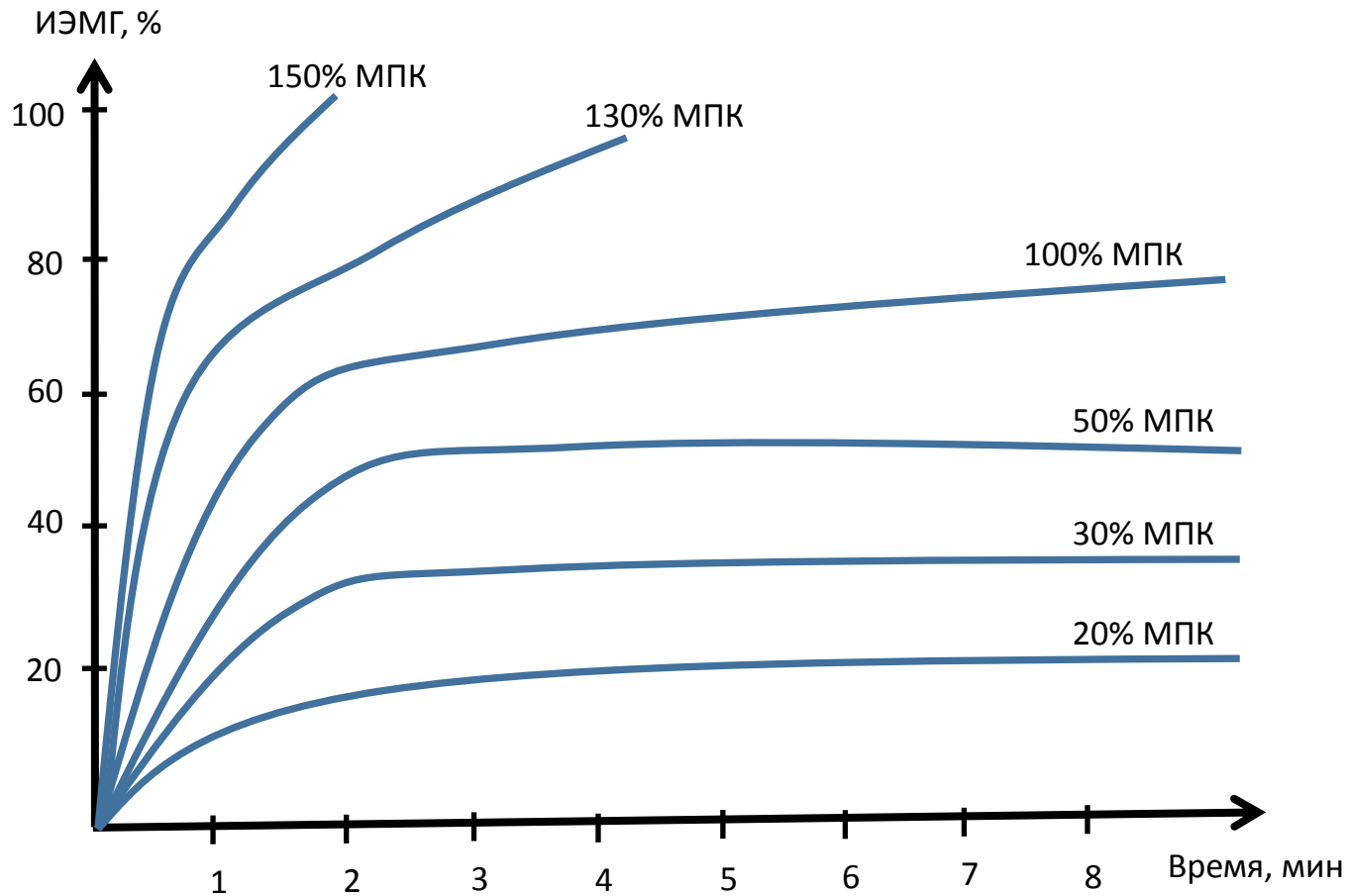




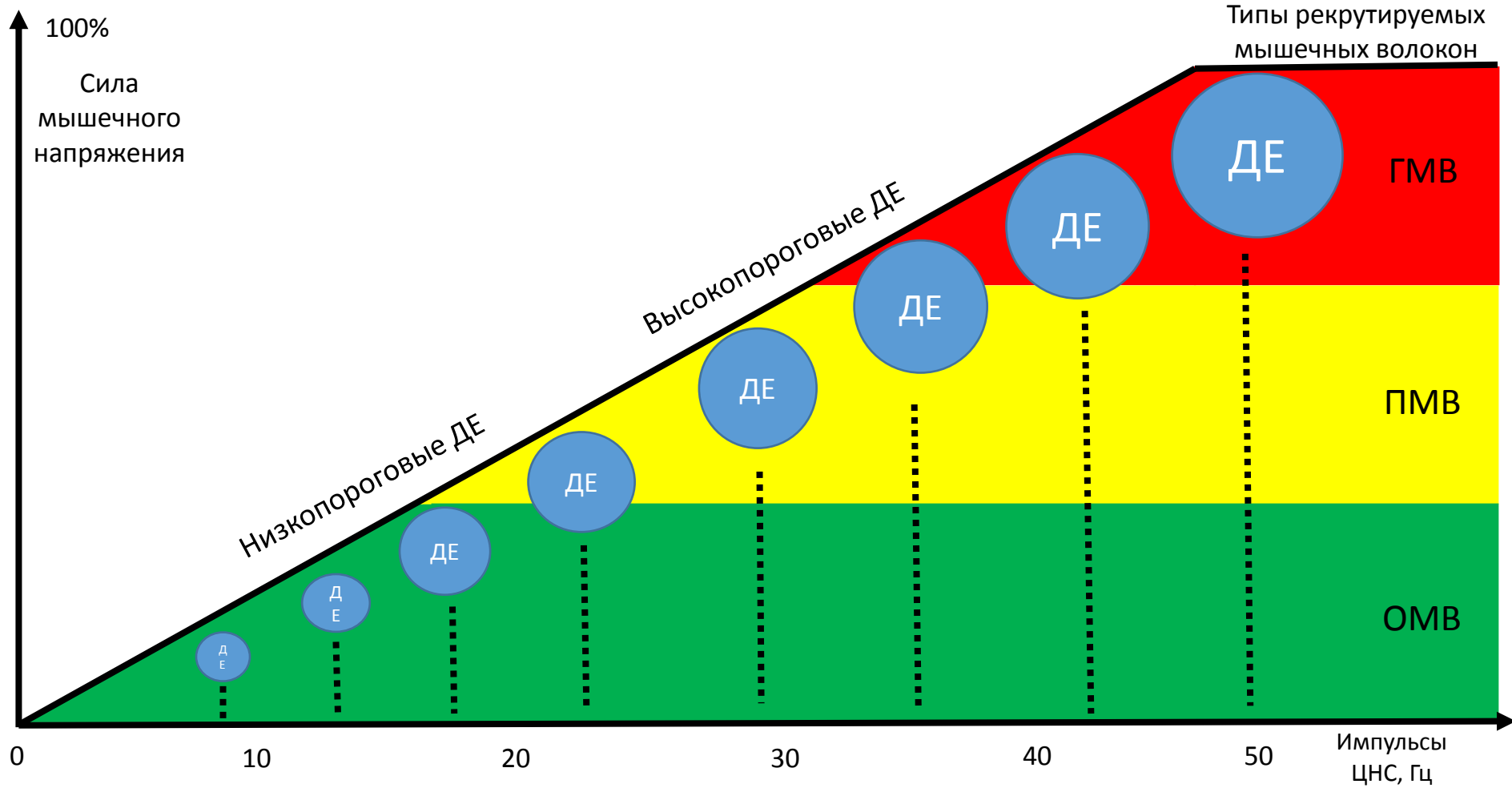
# РЕКРУТИРОВАНИЕ ДЕ. ПРИНЦИП РАЗМЕРА ПО ХЕННЕМАН (1965)



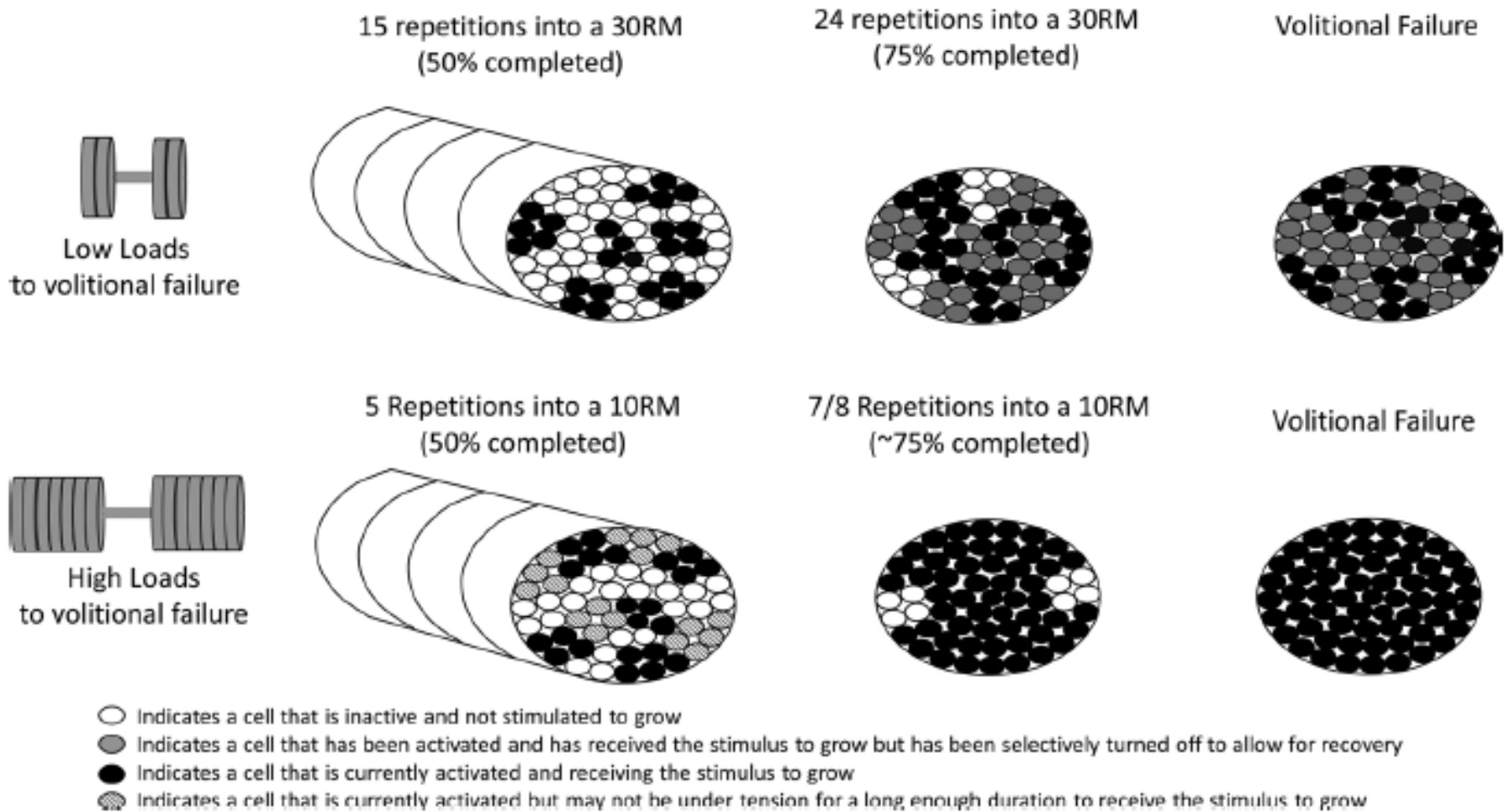
# Изменение ИЭМГ при выполнении упражнений с различной мощностью



# МОДЕЛЬ МОТОНЕЙРОННОГО ПУЛА В СПИННОМ МОЗГЕ

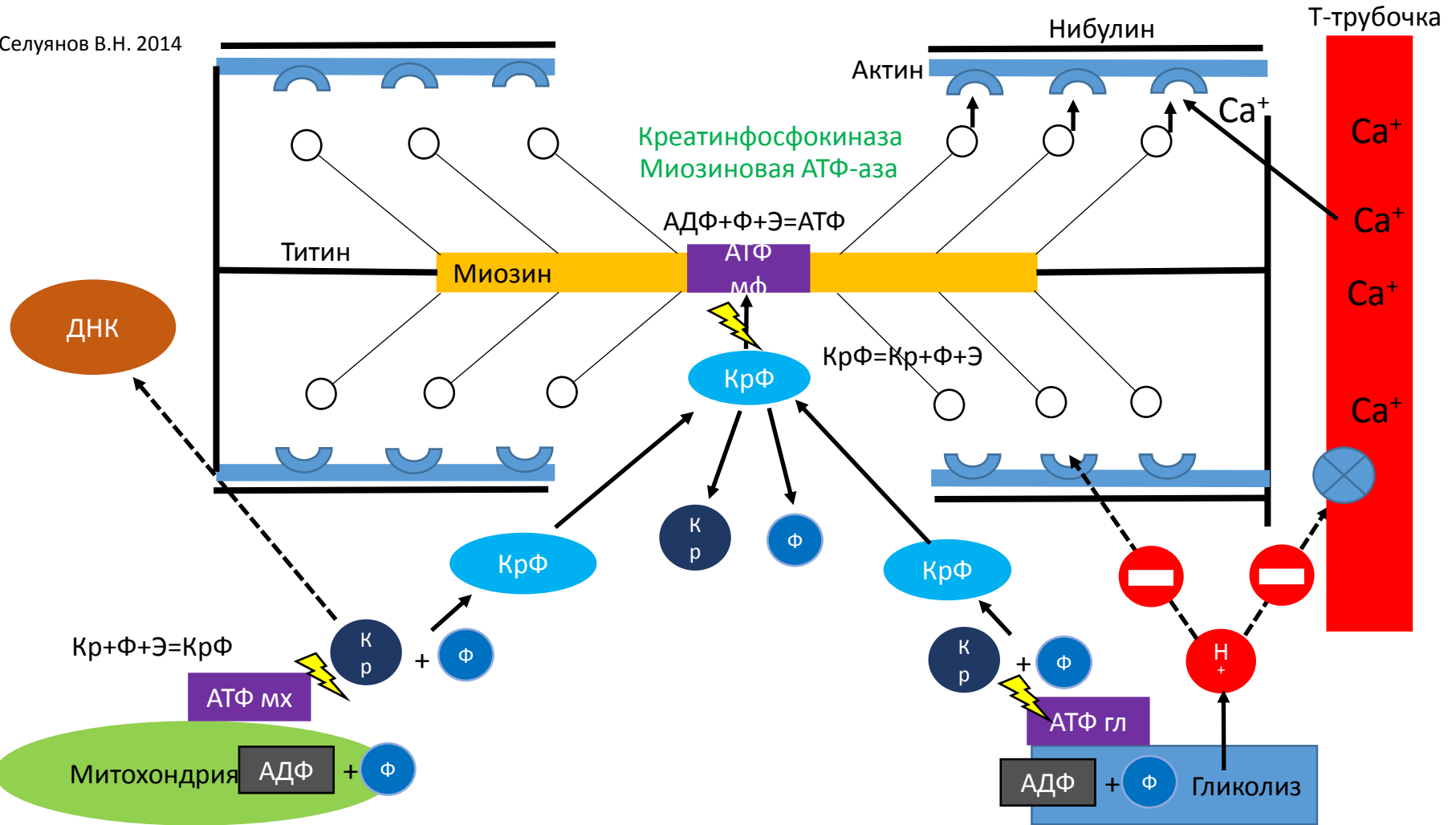


# Влияют ли метаболиты, которые производятся во время упражнения с сопротивлением на увеличение гипертрофии мышц?



# МОДЕЛЬ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ

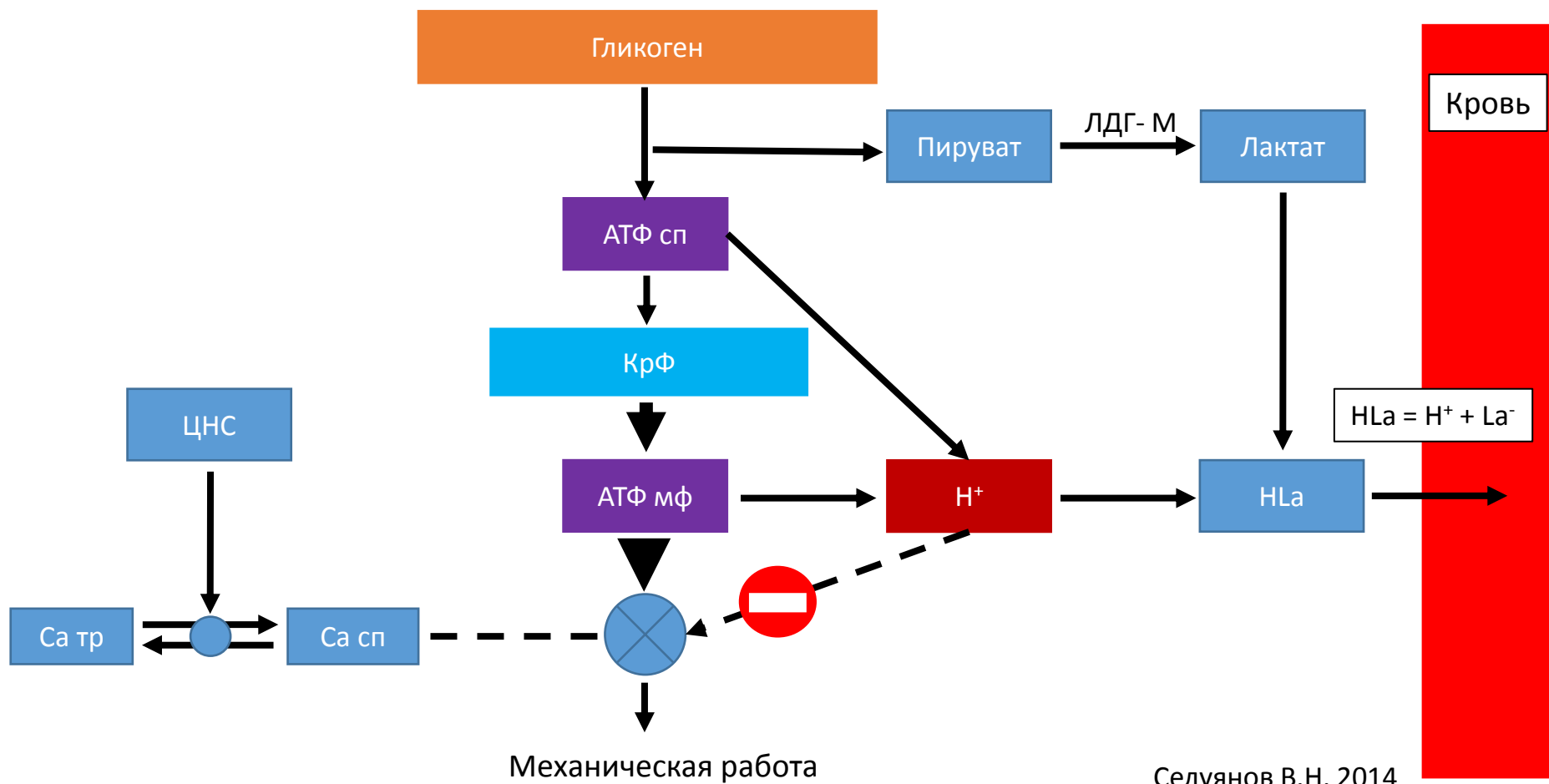
Селуянов В.Н. 2014



Селуянов В.Н. 2014



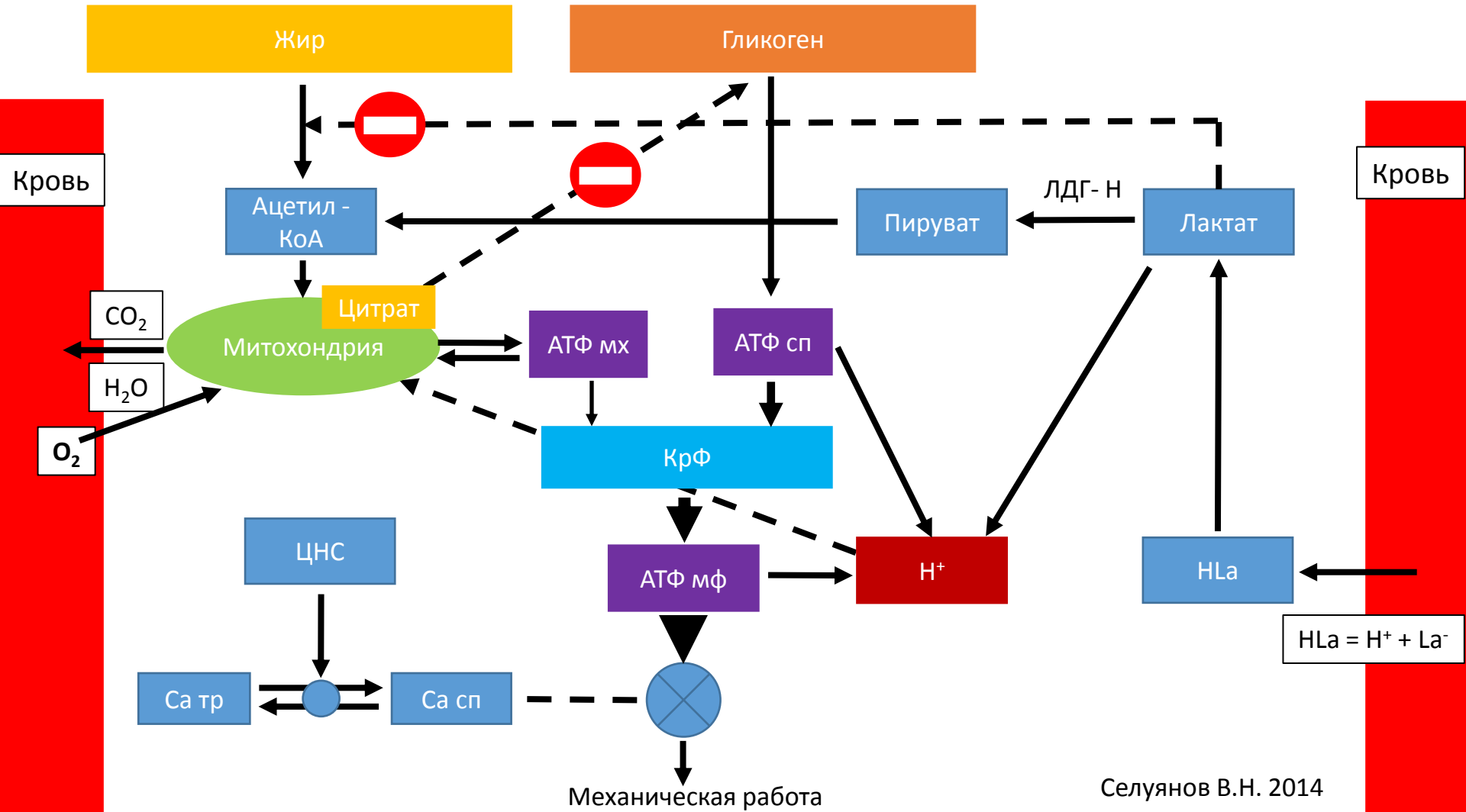
# МОДЕЛЬ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ В ГМВ



# АНАЭРОБНЫЙ ПУТЬ РЕСИНТЕЗА АТФ («АНАЭРОБНЫЙ ГЛИКОЛИЗ»)

- Распад КрФ
- Кр и Ф активируют ферменты гликолиза на СПР
- Гликоген или глюкоза распадается до пирувата с образованием АТФ
- АТФ тут же идет на ресинтез КрФ
- С помощью фермента ЛДГ – М пируват превращается в лактат.
- Этот процесс сопровождается образованием и накоплением ионов водорода.
- Увеличение в МВ концентрации лактата и  $H^+$  приводит к ингибированию окисления жиров

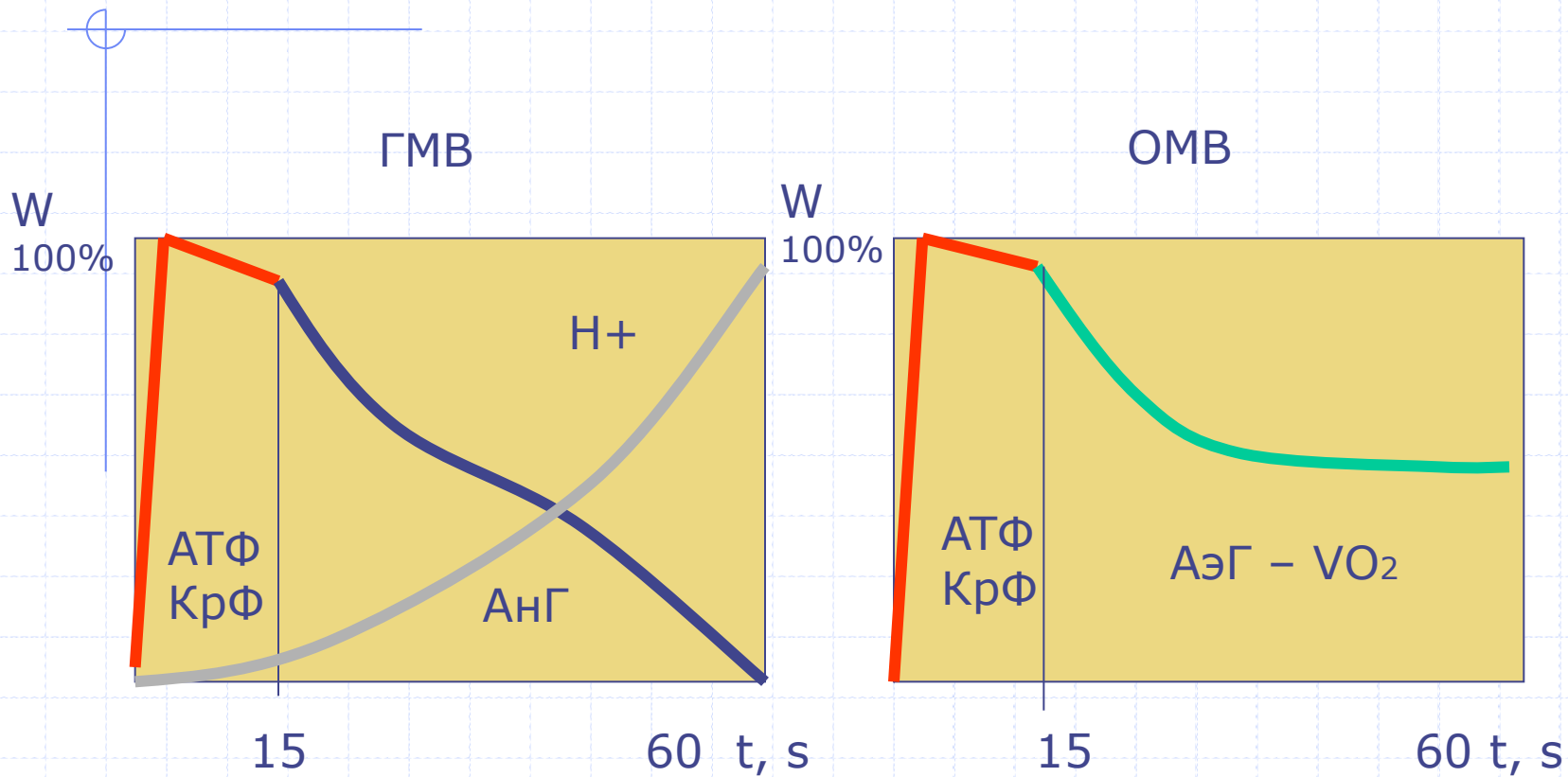
# МОДЕЛЬ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ В ОМВ



# АЭРОБНЫЙ ПУТЬ РЕСИНТЕЗА АТФ (АЭРОБНЫЙ ГЛИКОЛИЗ И ОКИСЛЕНИЕ ЖИРОВ)

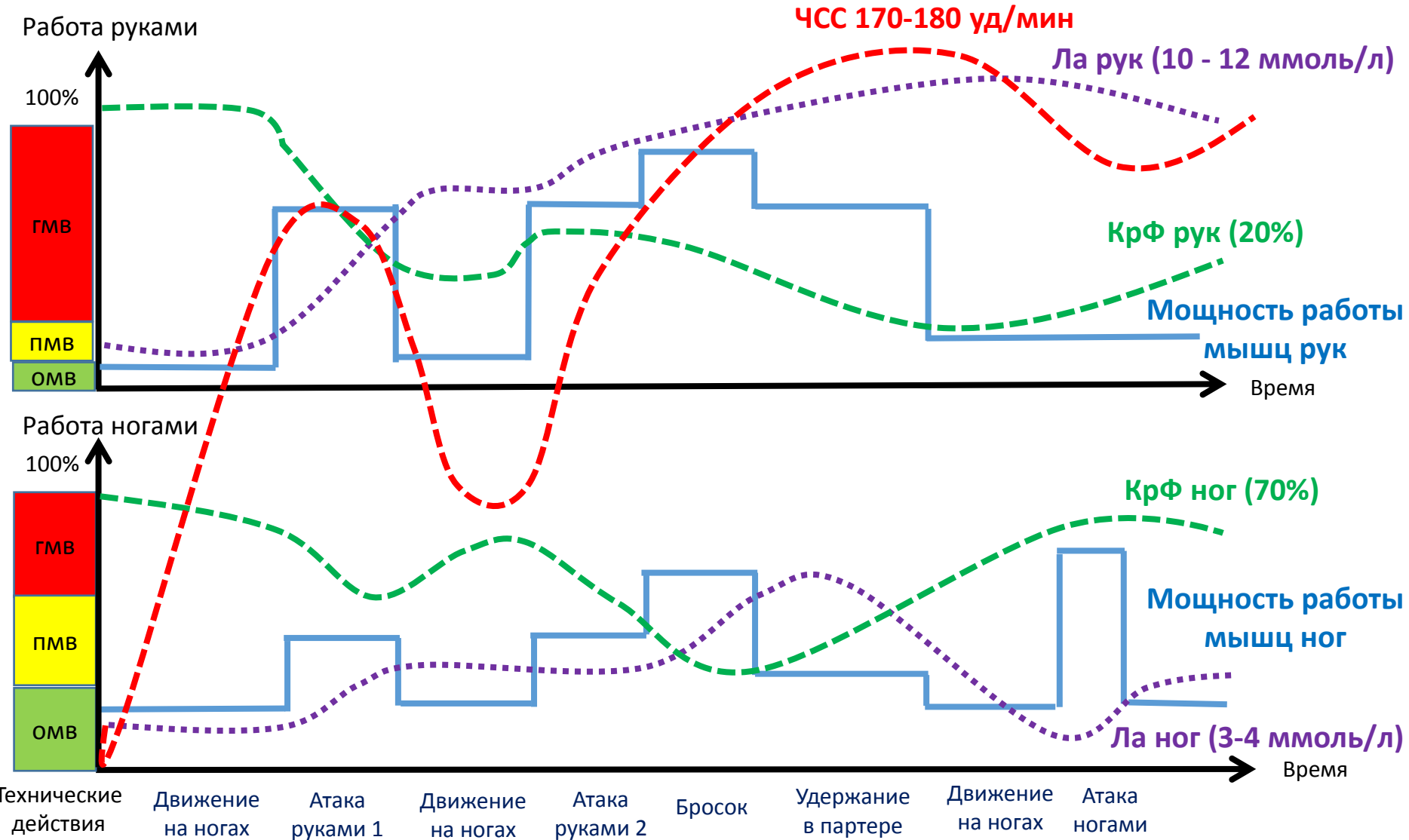
- Распад КрФ
- Кр и Ф активируют ферменты гликолиза на СПР
- Гликоген и глюкоза распадаются до пирувата с образованием АТФ
- Пируват и СЖК превращаются в Ацетил-коэнзим-А и подвергается окислительному фосфорилированию в митохондриях с образованием  $CO_2$ ,  $H_2O$  и АТФ
- За счет АТФ образовавшейся в митохондрии, с помощью митохондриальной КФК-назы, идет ресинтез КрФ
- Аэробные процессы связаны с поглощением ионов водорода. В ММВ (ОМВ) преобладает фермент ЛДГ-Н, который более интенсивно превращает лактат в пируват, поэтому идет быстрое устранение лактата и ионов водорода
- Интенсивное окисление жиров приводит к накоплению цитрата, а он угнетает ферменты гликолиза

# Мощность функционирования окислительных и гликолитических мышечных волокон





# МОДЕЛЬ БИОЭНЕРГЕТИКИ РУКОПАШНОГО БОЯ (СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ)

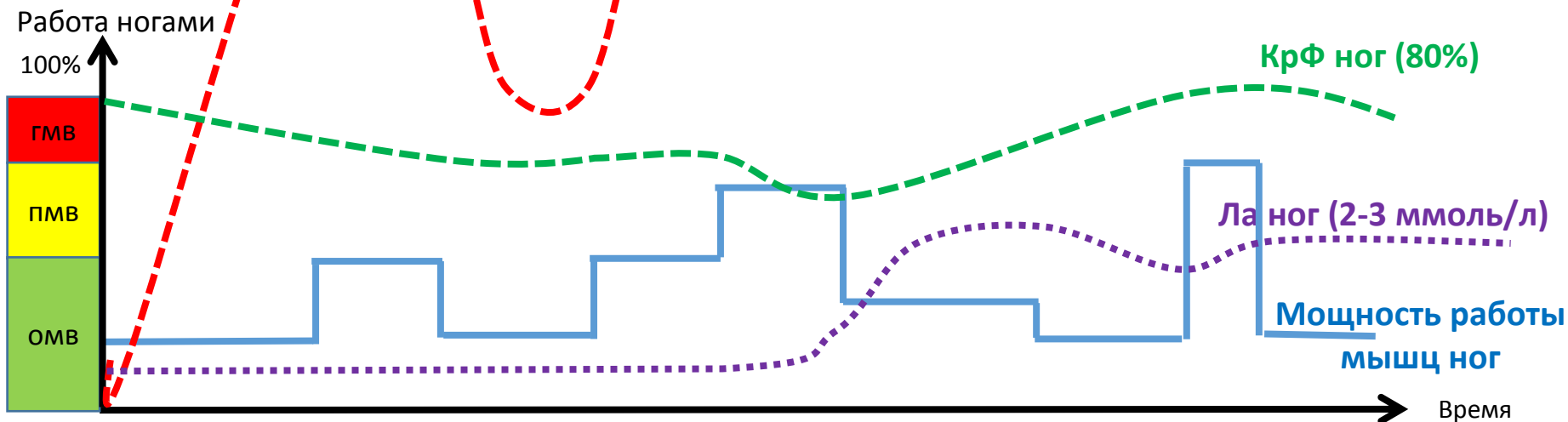
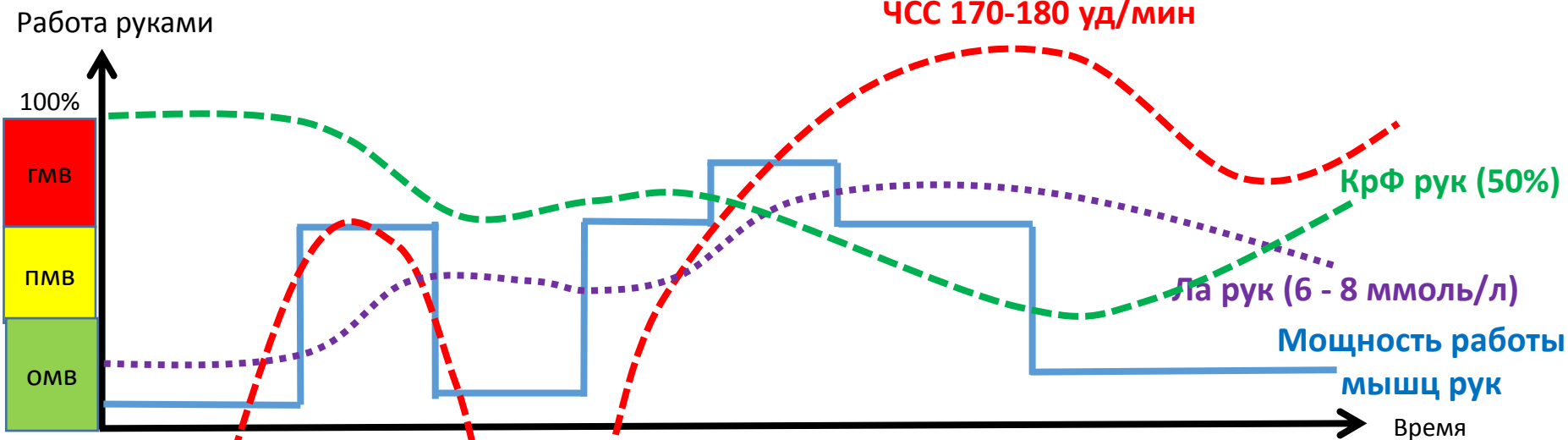


Субъективно очень тяжело!

(\*Модель)

# МОДЕЛЬ БИОЭНЕРГЕТИКИ РУКОПАШНОГО БОЯ (СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ)

ЧСС 170-180 уд/мин



Технические действия    Движение на ногах    Атака руками 1    Движение на ногах    Атака руками 2    Бросок    Удержание в партере    Движение на ногах    Атака ногами

Субъективно средней тяжести!

(\*Модель)

## Leg and arm lactate and substrate kinetics during exercise

G. VAN HALL,<sup>1</sup> M. JENSEN-URSTAD,<sup>2</sup> H. ROSDAHL,<sup>2</sup>  
H.-C. HOLMBERG,<sup>2</sup> B. SALTIN,<sup>1</sup> AND J. A. L. CALBET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The Copenhagen Muscle Research Centre, University Hospital,  
DK-2100 Copenhagen, Denmark; and the Departments of <sup>2</sup>Cardiology and

<sup>3</sup>Physiology-Pharmacology, Karolinska Institute, 171 77 Stockholm, Sweden

Submitted 20 June 2002; accepted in final form 5 September 2002

Van Hall, G., M. Jensen-Urstad, H. Rosdahl, H.-C. Holmberg, B. Saltin, and J. A. L. Calbet. Leg and arm lactate and substrate kinetics during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 284: E193–E205, 2003. First published September 11, 2002; 10.1152/ajpendo.00273.2002.—To study the role of muscle mass and muscle activity on lactate and energy kinetics during exercise, whole body and limb lactate, glucose, and fatty acid fluxes were determined in six elite cross-country skiers during roller-skiing for 40 min with the diagonal stride (Continuous Arm + Leg) followed by 10 min of double poling and diagonal stride at 72–76% maximal O<sub>2</sub> uptake. A high lactate appearance rate (R<sub>a</sub>, 184 ± 17 μmol·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) but a low arterial lactate concentration (–2.5 mmol/l) were observed during Continuous Arm + Leg despite a substantial net lactate release by the arm of –2.1 mmol/min, which was balanced by a similar net lactate uptake by the leg. Whole body and limb lactate oxidation during Continuous Arm + Leg was –45% at rest and –95% of disappearance rate and limb lactate uptake, respectively. Limb lactate kinetics changed multiple times when exercise mode was changed. Whole body glucose and glycerol turnover was unchanged during the different skiing modes; however, limb net glucose uptake changed severalfold. In conclusion, the arterial lactate concentration can be maintained at a relatively low level despite high lactate R<sub>a</sub> during exercise with a large muscle mass because of the large capacity of active skeletal muscle to take up lactate, which is tightly correlated with lactate delivery. The limb lactate uptake during exercise is oxidized at rates far above resting oxygen consumption, implying that lactate uptake and subsequent oxidation are also dependent on an elevated metabolic rate. The relative contribution of whole body and limb lactate oxidation is between 20 and 30% of total carbohydrate oxidation at rest and during exercise under the various conditions. Skeletal muscle can change its limb net glucose uptake severalfold within minutes, causing a redistribution of the available glucose because whole body glucose turnover was unchanged.

lactate dehydrogenase; cross-country skiing; tracers

AS EARLY AS 1907, Fletcher and Hopkins (11) not only provided definitive evidence of the relation between muscle activity and production of lactic acid in the

amphibian skeletal muscle, but they also concluded that skeletal muscles possess the requisite chemical mechanisms for the removal of lactic acid once formed. Despite this early finding, lactate was long considered a metabolic end product, that is, lactate produced during muscle contraction and released into the circulation for subsequent uptake by the liver for recycling via gluconeogenesis. The importance of skeletal muscle in lactate clearance in humans became clear from experiments starting in the late 1950s. It was shown that, during exercise, lactate was taken up by nonactive skeletal muscles (1, 7, 12). Furthermore, when the arterial lactate concentration was also elevated, active skeletal muscles cleared lactate (12, 26, 30), and when two-legged cycle ergometer exercise was performed with one leg having a normal and the other a low glycogen content, the leg with the normal glycogen content released lactate, whereas lactate was taken up by the leg with the low glycogen content (10, 13). In addition, the utilization of lactate by skeletal muscle appeared to be higher when light exercise was performed compared with complete rest (14, 24, 26, 27). From these studies it was concluded that skeletal muscles not only produce lactate, but they are also the major tissue for lactate removal from the circulation. Further studies with lactate isotopes have shown a simultaneous limb lactate uptake and release at rest and during exercise (15, 16, 34). This suggests a dynamic situation, with exchange of lactate as a carbohydrate source between fibers within the same muscle but also from one muscle group to another, whether actively contracting or not. To study the magnitude of such fluxes, six elite cross-country skiers were studied during roller skiing. This exercise model provides a unique opportunity to investigate systemic and skeletal muscle lactate and energy kinetics during exercise with the majority of the body's skeletal muscle mass engaged in the exercise. Cross-country skiers have a similar training status in the upper and the lower body muscles, and to them roller-skiing is a natural mode of exercise with substantial changes in skeletal muscle

The costs of publication of this article were defrayed in part by the payment of page charges. The article must therefore be hereby marked "advertisement" in accordance with 18 U.S.C. Section 1734 solely to indicate this fact.

Address for reprint requests and other correspondence: G. van Hall, The Copenhagen Muscle Research Centre, Rigshospitalet, Section 7652, 9 Blegdamsvej, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark (E-mail: gyhall@cmrc.dk).

# КИНЕТИКА ЛАКТАТА ВО ВРЕМЯ УПРАЖНЕНИЯ

Шесть Шведских лыжников элитного уровня 24 года (21 – 30), МПК 5,2 л/мин (4,9 – 5,8) или 71 мл/кг/мин (65 – 74) участвовали в эксперименте на лыжероллерах. Выполняли работу 76% от МПК попеременным ходом (руки – ноги) и одновременным безшажным ходом (руки).



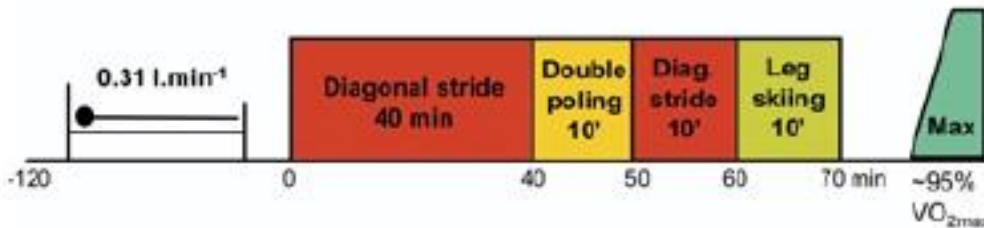
**Diagonal stride**, speed 10 km.h<sup>-1</sup>, 5.7°, VO<sub>2</sub> 3.95 l.min<sup>-1</sup>



**Double poling**, speed 15.8 km.h<sup>-1</sup>, 3°, VO<sub>2</sub> 3.75 l.min<sup>-1</sup>



**Leg skiing**, speed 8.6 km.h<sup>-1</sup>, 6.9°, VO<sub>2</sub> 3.97 l.min<sup>-1</sup>





Катетер в подключичной вене

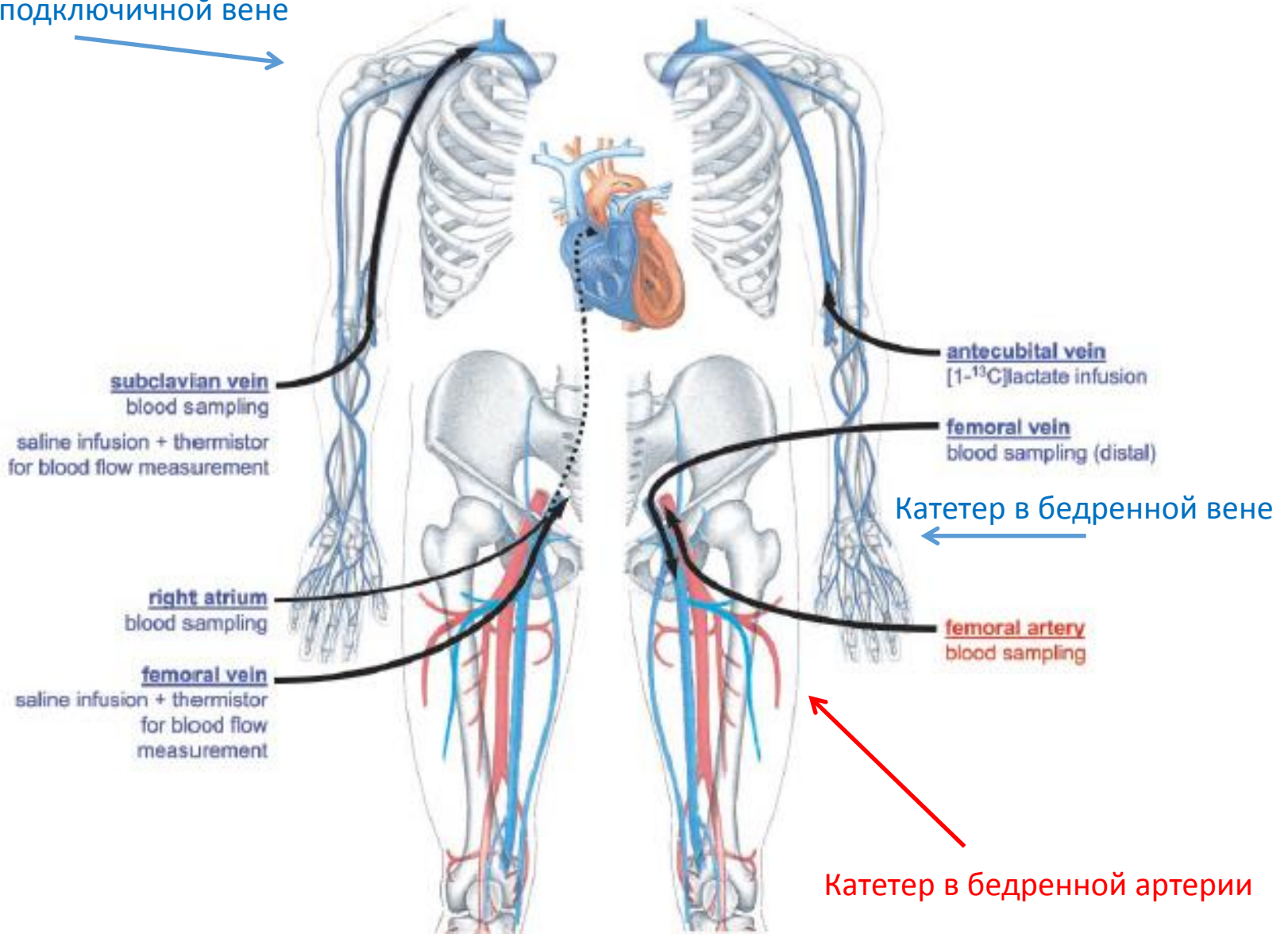
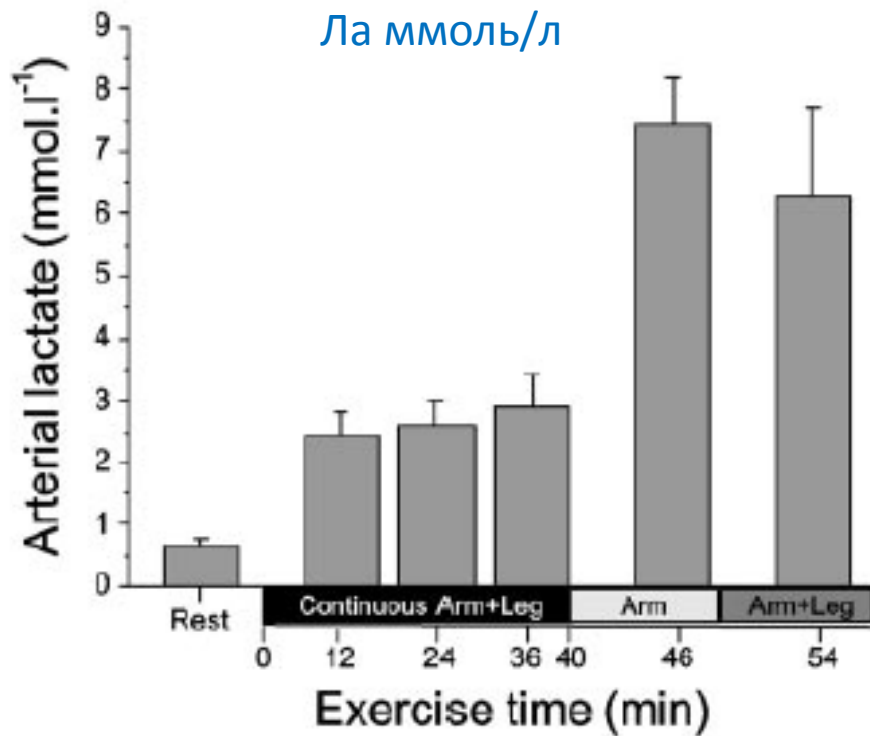


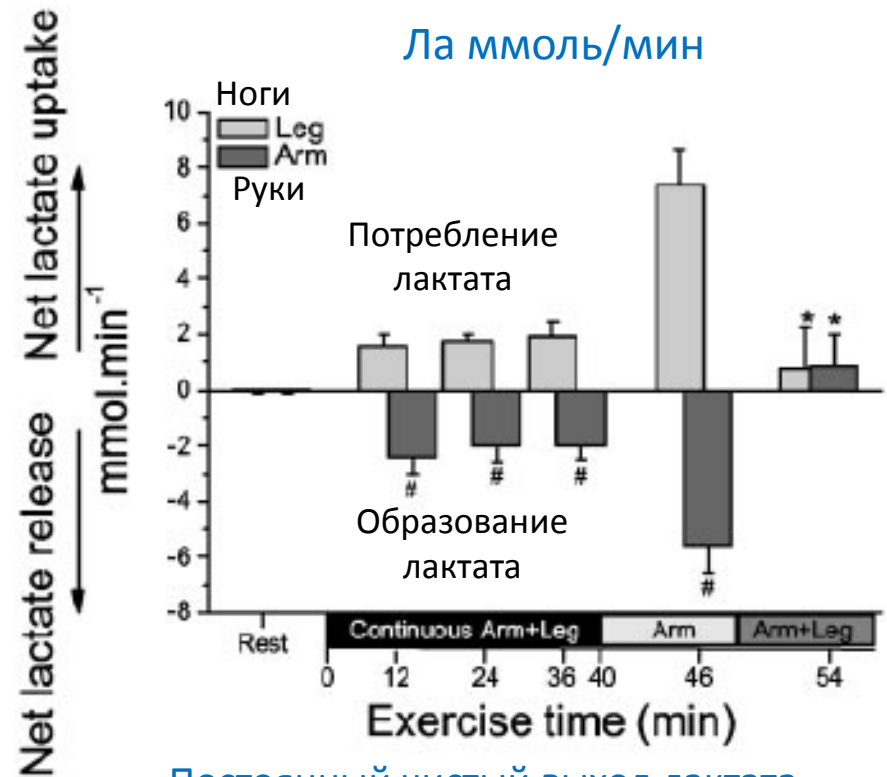
Fig. 1. Position and function of the catheters.

Van Hall, G., M. Jensen-Urstad, H. Rosdahl, H.-C. Holmberg, B. Saltin, and J. A. L. Calbet. Leg and arm lactate and substrate kinetics during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 284, 2003.





Артериальный лактат увеличился с 0,7 ммоль / л в покое до 2,5 ммоль / л на 76% VO<sub>2</sub> max и оставался почти постоянным в течение 40 мин.



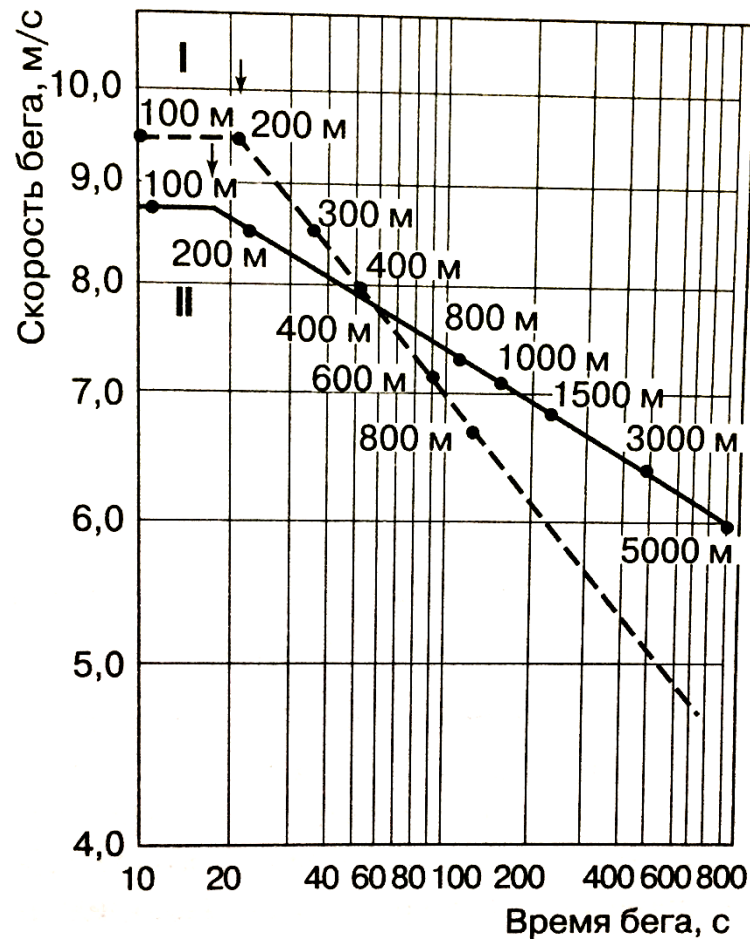
Постоянный чистый выход лактата 2 ммоль / мин из мышц рук, и в то же время такое же поглощение лактата наблюдается в мышцах ног.

Прямые измерения содержания лактата в артериальной и венозной крови показали, что у высококвалифицированных лыжников при работе попеременным ходом (работа руками и ногами) с интенсивностью 76% от МПК **мышцы рук продуцируют лактат, тогда как мышцы ног его потребляют(!)**, при этом концентрация лактата в артериальной крови составляет около 3 ммоль/л.

## Кривая мировых рекордов и зоны мощности



*Рисунок 7.1 Комбинация индивидуальных кривых личных достижений у спортсменов разной спортивной специализации*



**Рис. 32.** Кривые индивидуальных достижений в беге (В.М. Зациорский, Н.И. Волков, Н.Г. Кулик, 1965).

Кривая I соединяет точки личных рекордов на разных дистанциях у спринтера, кривая II – у стайера. Левее точки пересечения кривых лучшие результаты имеет спринтер, правее – стайер

# МЕТОДЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

При рассмотрении проблемы физической подготовки принято развивать физические качества. Но, морфологи еще в 80-е годы установили (Л. И. Аруин и др., 1987), что изменение функции происходит только при морфологических изменениях в клетках!

Все методы физического развития могут быть сгруппированы на следующие разделы:

Методы гиперплазии миофибрилл,

Методы гиперплазии митохондрий,

Методы суперкомпенсации гликогена,

Методы повышения производительности сердца.

Остальные структуры в соответствии с теорией симморфоза образуются вместе с ростом массы миофибрилл (Carpenter S., Karpati G., 1984).

Определять надо не уровень развития физических качеств, а степень морфологических перестроек в наиболее существенных для данного вида спорта тканях и органах:

### **Сила зависит:**

- от количества рекрутированных ДЕ,
- от степени гиперплазии МФ в ОМВ, ПМВ и ГМВ.

### **Скорость зависит:**

- от количества рекрутированных ДЕ,
- активности миозиновой АТФ-азы (мышечной композиции),
- степени гиперплазии МФ в МВ разного типа.

### **Темп зависит:**

- от количества калий натриевых и кальциевых насосов в мембранах МВ;
- от массы митохондрий, которые обслуживают эти насосы.

### **Выносливость определяется:**

- массой миофибриллярных митохондрий в МВ разного типа;
- доставкой кислорода к МВ.

### **Силовая выносливость в большей степени зависит:**

от запаса КрФ в мышце, запаса ДЕ и степени закисления МВ (которая всегда меньше в МВ с большим содержанием митохондрий.)

Разработка методики физической подготовки предполагает определение следующих параметров:

- интенсивность сокращения мышц,
- интенсивность упражнения (темп),
- продолжительность упражнения,
- интенсивность интервала отдыха,
- продолжительность интервала отдыха,
- количество повторений,
- количество тренировок в неделю.



# СИЛОВАЯ ТРЕНИРОВКА

# МАКСИМАЛЬНАЯ ПРОИЗВОЛЬНАЯ СИЛА

Измерение мышечной силы осуществляется при произвольном усилии, стремлении максимально сократить необходимые мышцы.

Когда говорят о мышечной силе, речь идет о **максимальной произвольной силе - МПС**, (в спортивной педагогике это "абсолютная сила мышц").

## ДВЕ ГРУППЫ ФАКТОРОВ



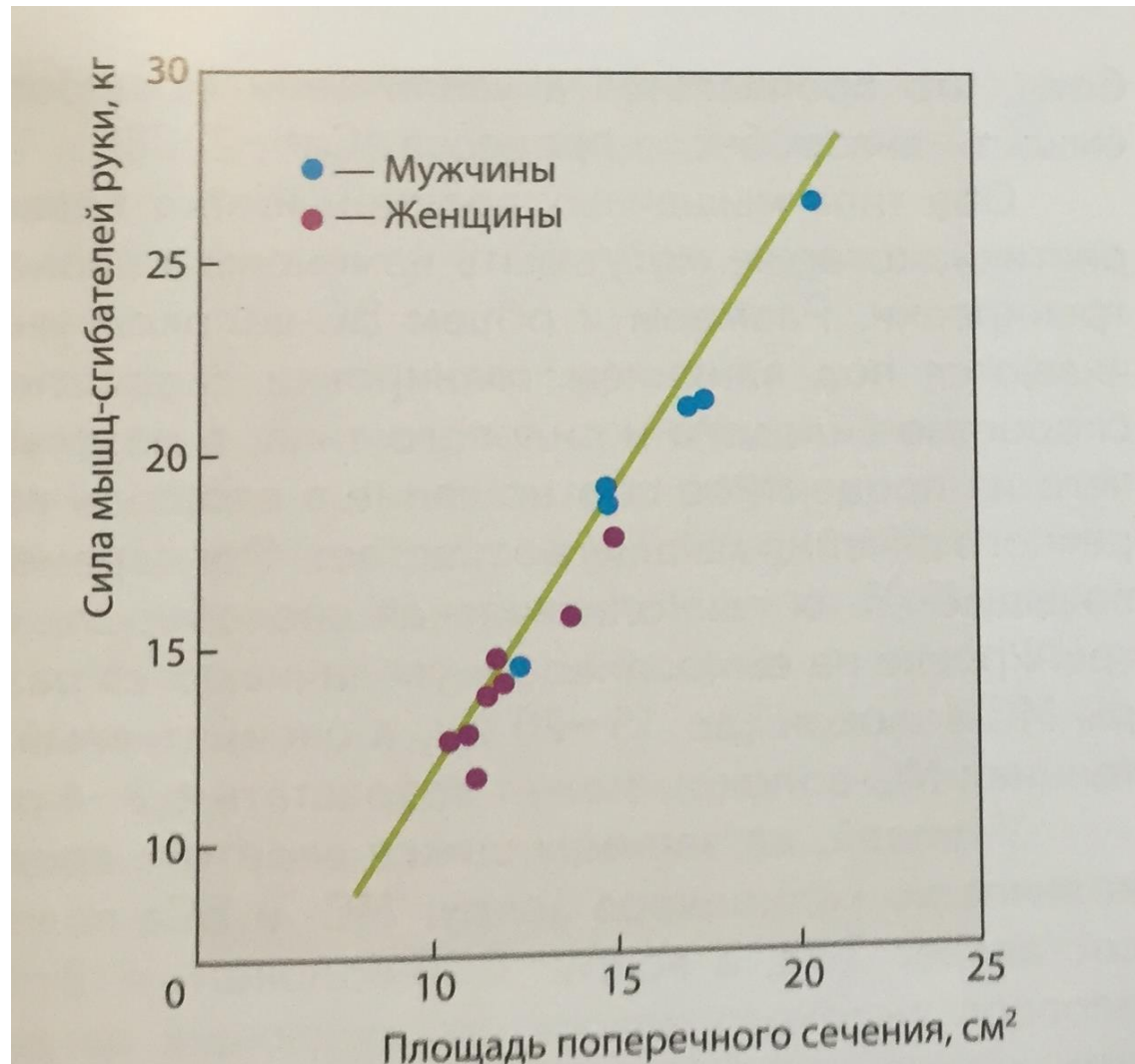
**МЫШЕЧНЫЕ  
(ПЕРИФЕРИЧЕСКИЕ)**

**КООРДИНАЦИОННЫЕ  
(ЦЕНТРАЛЬНО-НЕРВНЫЕ)**

# ПЕРИФЕРИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ МПС

- 1. Механические условия действия мышечной тяги** - плечо рычага действия мышечной силы и угол приложения этой силы к костным рычагам;
- 2. Длина мышц**, так как напряжение мышцы зависит от ее длины;
- 3. Поперечник (толщина)** активируемых мышц, так как при прочих равных условиях проявляемая мышечная сила тем больше, чем больше суммарный поперечник произвольно сокращающихся мышц;
- 4. Композиция мышц**, т. е. соотношение быстрых и медленных мышечных волокон в сокращающихся мышцах.

# ПЕРИФЕРИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ МПС

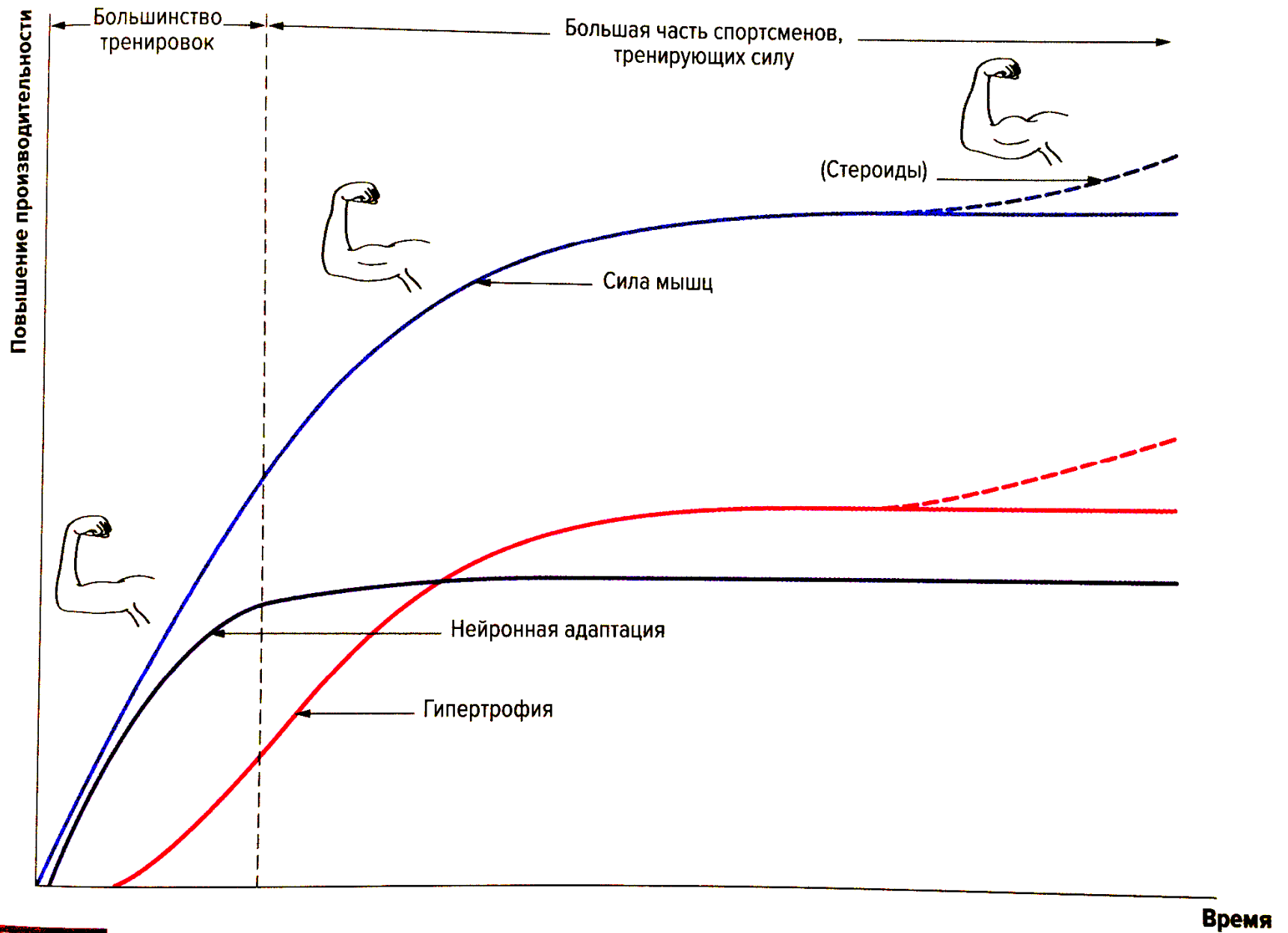


# ЦЕНТРАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ МПС

К центрально-нервным факторам относится совокупность механизмов управления мышечным аппаратом - **механизмы внутримышечной координации и механизмы межмышечной координации.**

**Механизмы внутримышечной координации** определяют число и частоту импульсации мотонейронов данной мышцы и связь их импульсации во времени. С помощью этих механизмов центральная нервная система регулирует МПС данной мышцы, т. е. определяет, насколько сила произвольного сокращения данной мышцы близка к ее МС (рекрутирование).

Показатель МПС любой мышечной группы даже одного сустава зависит от силы сокращения многих мышц. **Совершенство межмышечной координации** проявляется в адекватном выборе "нужных" мышц-синергистов, в ограничении "ненужной" активности мышц-антагонистов данного и других суставов (техника).



**Рис. 3.16.** График развития максимальной силы и процессы нейронной (нейромышечной) и мышечной (гипертрофия) адаптации в ходе силовой тренировки

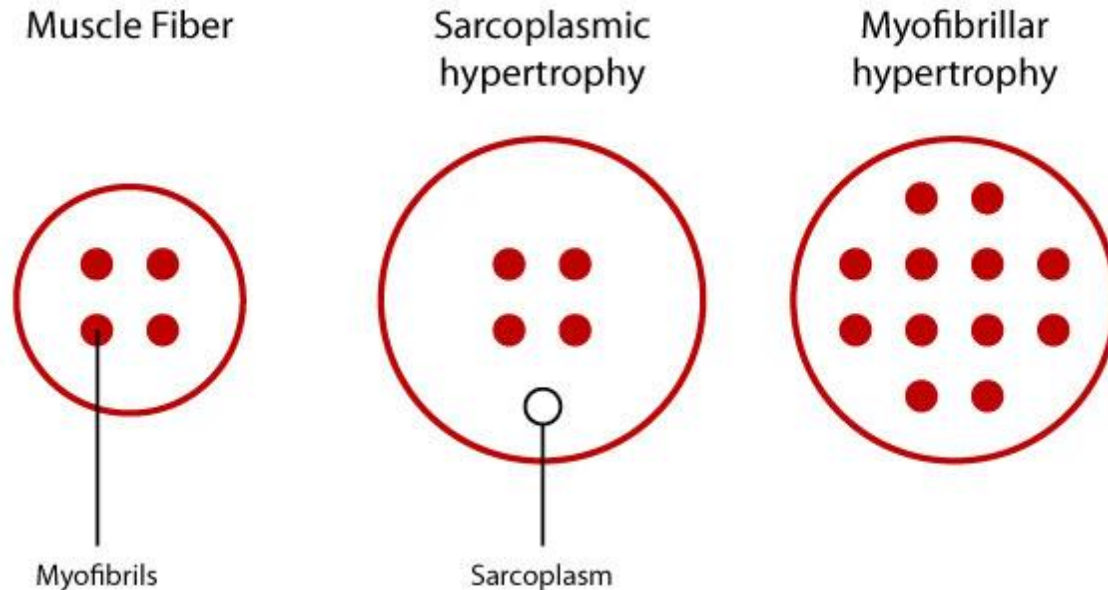


# ТИПЫ МЫШЕЧНОЙ ГИПЕРТРОФИИ

Выделяют два крайних типа рабочей гипертрофии мышечных волокон - саркоплазматический и миофибриллярный.

**Саркоплазматическая гипертрофия** - это утолщение мышечных волокон за счет преимущественного увеличения объема саркоплазмы, т. е. несократительной их части.

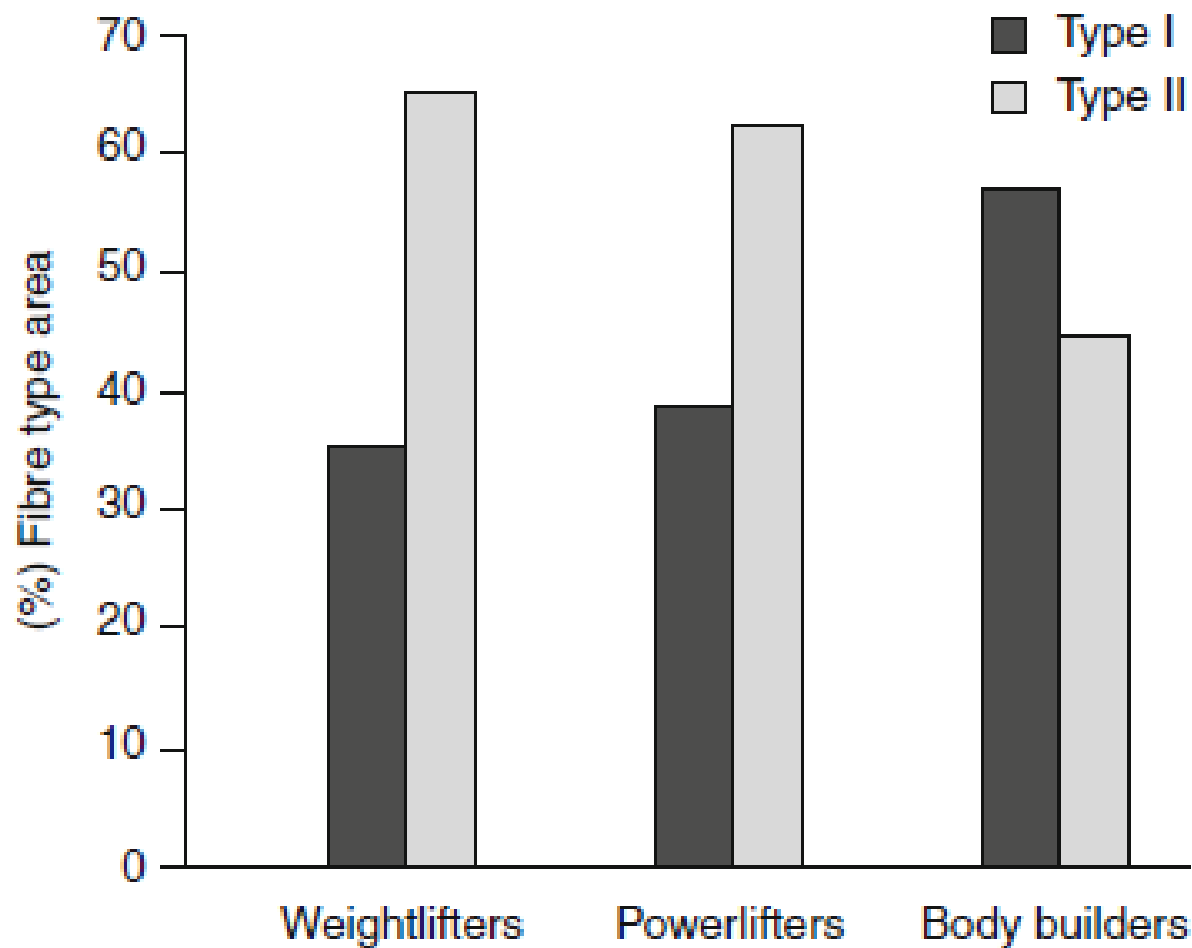
**Миофибриллярная гипертрофия** связана с увеличением числа и объема миофибрилл, т. е. собственно-сократительного аппарата мышечных волокон. При этом возрастает плотность укладки миофибрилл в мышечном волокне. Такая рабочая гипертрофия мышечных волокон ведет к значительному росту МС мышцы.



*Композиция четырехглавой мышцы бедра (наружной головки) и площадь поперечного сечения разных видов мышечных волокон у спортсменов разных специализаций и неспортсменов (Ф. Принс, и др., 1976)*

<b>Композиция мышц</b>	<b>Неспортсмены</b>	<b>Штангисты</b>	<b>Бегуны - стайеры</b>
<b>БМВ, %</b>	<b>26,4</b>	<b>44,5</b>	<b>16</b>
<b>ПМВ, %</b>	<b>38,1</b>	<b>10,5</b>	<b>39,7</b>
<b>ММВ, %</b>	<b>35,5</b>	<b>45</b>	<b>44,3</b>
<b>ПМВ + ММВ, %</b>	<b>73,6</b>	<b>55,5</b>	<b>84</b>
<b>Площадь поперечного сечения , мкм<sup>2</sup></b>			
<b>БМВ</b>	<b>3418</b>	<b>6577</b>	<b>2938</b>
<b>ПМВ</b>	<b>4105</b>	<b>7299</b>	<b>5224</b>
<b>ММВ</b>	<b>3303</b>	<b>4430</b>	<b>4609</b>

## Относительная (%) площадь волокон разного типа у соревнующихся тяжелоатлетов, пауэрлифтеров и культуристов.



# Роль различных типов волокон в гипертрофии мышц

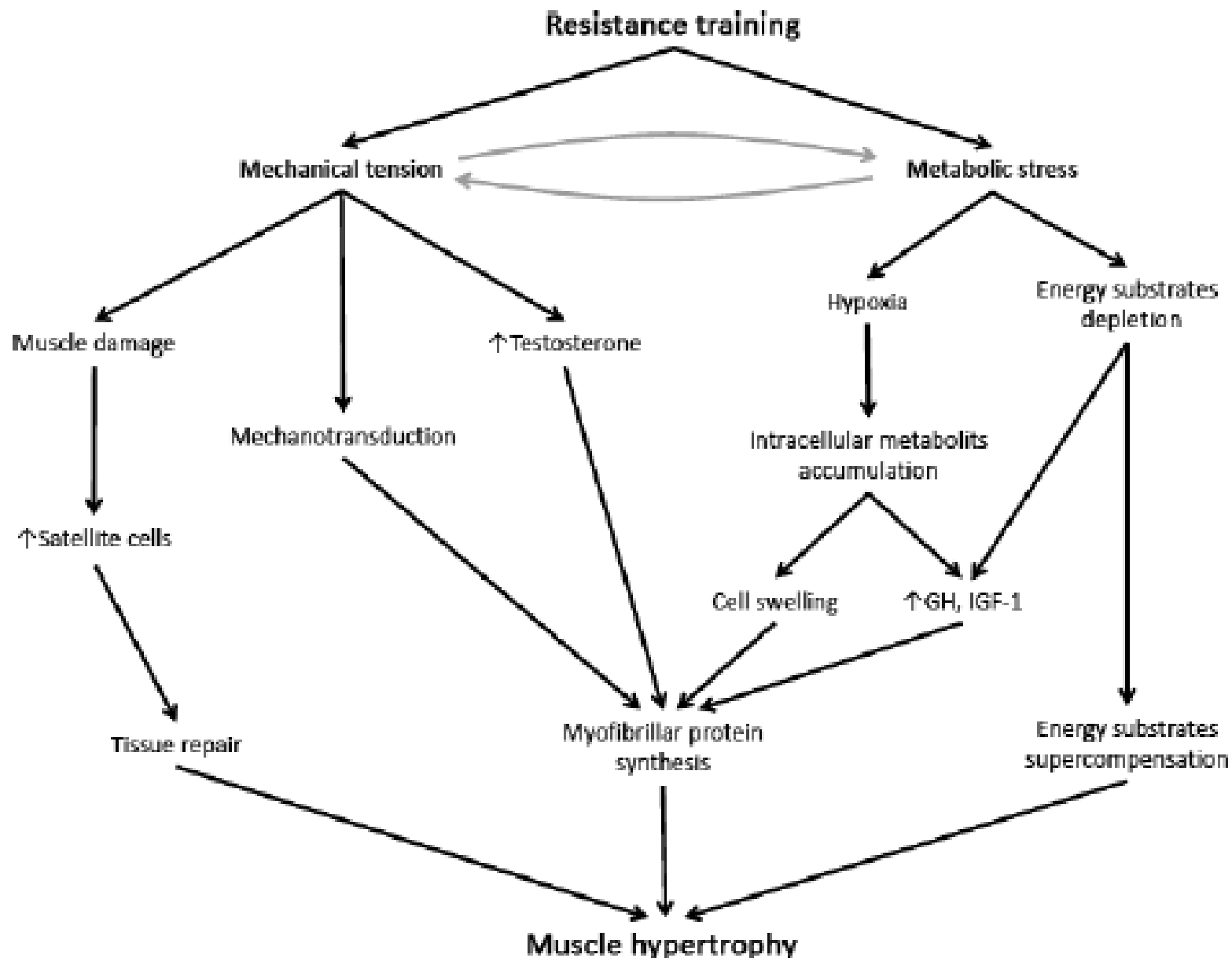
## The Role of Fiber Types in Muscle Hypertrophy: Implications for Loading Strategies

**Article** in Strength and conditioning journal · April 2014

DOI: 10.1519/SSC.0000000000000030

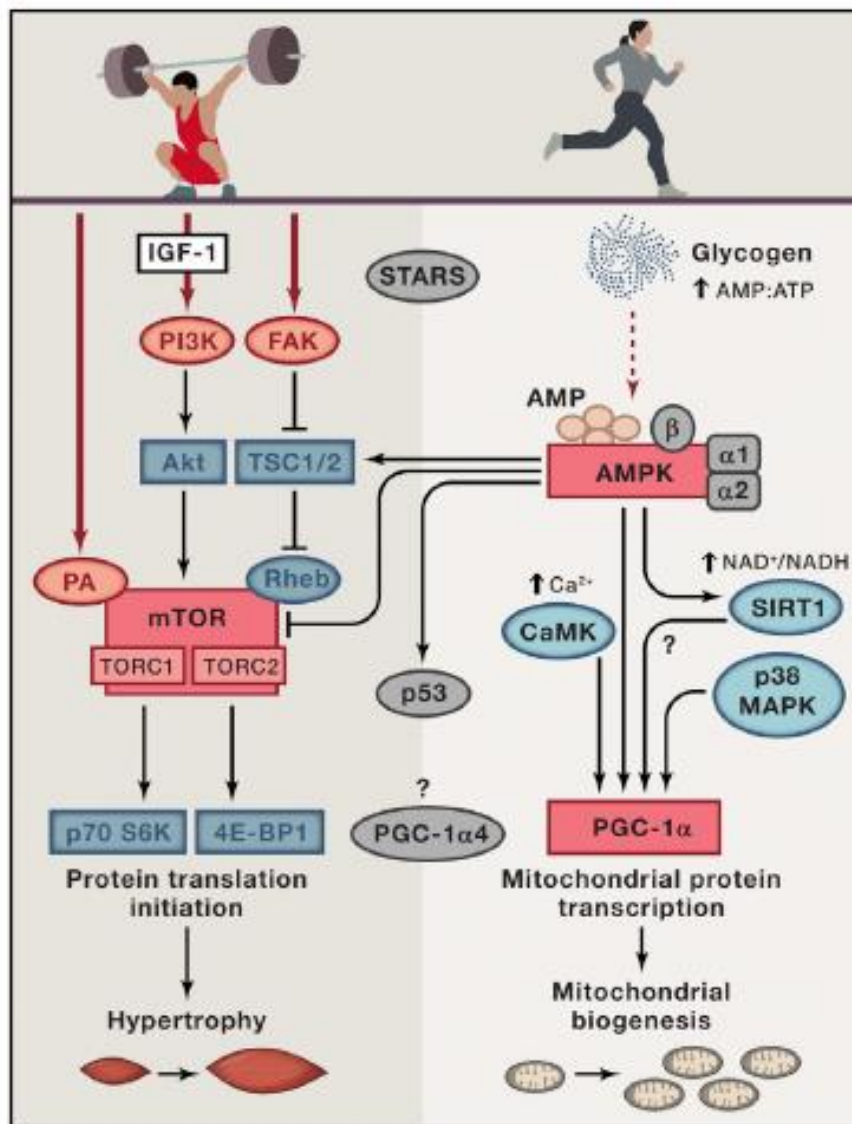
Появляются новые данные, указывающие на то, что волокна типа I могут вносить существенный вклад в общий объем мышц. Исследования также показывают, что упражнения с низкой нагрузкой могут помочь максимизировать гипертрофию волокна I, при условии, что упражнение выполняется до отказа. В качестве практических рекомендаций можно отметить: если целью является максимальный набор общей мышечной массы, то рекомендации для тренировок должны включать упражнения с широким спектром повторений.

Daniel I Ogborn, Brad J Schoenfeld. The Role of Fiber Types in Muscle Hypertrophy: Implications for Loading Strategies . Strength and conditioning journal . April 2014



Effect of resistance training set volume on upper body muscle hypertrophy: are more sets really better than less?  
 CV. La Scala Teixeira et.al Clin Physiol Funct Imaging. 2018 Sep;38(5):727-732.

# Схема основных сигнальных путей, связанных с контролем мышечной гипертрофии и митохондриального биогенеза





# МЕТОДЫ СИЛОВОЙ ТРЕНИРОВКИ

## ГИПЕРПЛАЗИЯ МФ В ГМВ

Параметры силовой тренировки – метод максимальных усилий!

ИСМ - не менее 80% от максимума.

ИУ (темп) - в зависимости от средств, 0 – 20% от макс;

ПУ – 1-3 повторения (1 Условная анаболическая единица УАНЕ – до 30% РАСХОД КрФ)

ИИО – ниже уровня АэП

ПИО - траты КрФ не более 30%, 2-4 минуты.

КП – если цель гипертрофия, то 5 – 6 подходов, (задача накопить большое кол-во УАНЕ!), несколько раз в день.

КТ – 3-6 в неделю на одну мышцу (штангисты!).

Несмотря на малый объем интенсивных упражнений в одном подходе, суммарный объем поднятия 80-90% весов составляет 500-600 подъемов в неделю на одну мышечную группу. Благодаря этому малые адаптационные изменения суммируются - тяжелоатлеты увеличивают силу МВ высокопороговых ДЕ.

## ГИПЕРПЛАЗИЯ МФ В ГМВ

### Параметры силовой тренировки – повторный метод!

ИСМ - 70 - 80% от максимума.

ИУ (темп) - в зависимости от средств, 0 – 50% от макс;

ПУ – 8 - 15 повторений, 20 – 40 сек(6 - 12 УАнЕ)

ИИО – ниже уровня АэП

ПИО - большие траты КрФ, 5-10 минут.

КП – от 1 до 9 подходов, (задача накопить большое кол-во УАнЕ 30 - 100, возможно макс гиперплазия 2% за трен.!).

КТ – 1-3 в неделю на одну мышцу (Зависит от кол-ва подходов, Более частые занятия будут мешать ходу строительства новых миофибрилл – чаще 2-3).

# ГИПЕРПЛАЗИЯ МФ В ОМВ

## Параметры силовой тренировки – СДУ!

ИСМ - 20 - 60% от максимума.

ИУ (темп) - 10 – 30% от макс;

ПУ – 8 - 15 повторений, 30 – 50 сек(8 - 15 УАнЕ)

ИИО – ниже уровня АэП

ПИО - принцип суперсерии, до 30 сек.

КП – 2 – 6 в суперсерии, ИО между сериями 5 – 10 мин.

КСС - до 9, (задача накопить большое кол-во УАнЕ, возможно макс гиперплазия 2% за трен.!).

КТ – 1-2 в неделю на одну мышцу (одна тонизирующая! Более частые занятия будут мешать ходу строительства новых миофибрилл.).

# МЕХАНИЗМЫ МЫШЕЧНОЙ ГИПЕРТРОФИИ ПОСЛЕ БФР-ТРЕНИНГА

## A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy

Stephen John Pearson · Syed Robiul Hussain

© Springer International Publishing Switzerland 2014

**Abstract** It has traditionally been believed that resistance training can only induce muscle growth when the exercise intensity is greater than 65 % of the 1-repetition maximum (RM). However, more recently, the use of low-intensity resistance exercise with blood-flow restriction (BFR) has challenged this theory and consistently shown that hypertrophic adaptations can be induced with much lower exercise intensities (<50 % 1-RM). Despite the potent hypertrophic effects of BFR resistance training being demonstrated by numerous studies, the underlying mechanisms responsible for such effects are not well defined. Metabolic stress has been suggested to be a primary factor responsible, and this is theorised to activate numerous other mechanisms, all of which are thought to induce muscle growth via autocrine and/or paracrine actions. However, it is noteworthy that some of these mechanisms do not appear to be mediated to any great extent by metabolic stress but rather by mechanical tension (another primary factor of muscle hypertrophy). Given that the level of mechanical tension is typically low with BFR resistance exercise (<50 % 1-RM), one may question the magnitude of involvement of these mechanisms aligned to the adaptations reported with BFR resistance training. However, despite the low level of mechanical tension, it is plausible that the effects induced by the primary factors (mechanical tension and metabolic stress) are, in fact, additive, which ultimately contributes to the adaptations seen with BFR resistance training. Exercise-induced mechanical tension and metabolic stress are theorised to signal a number of mechanisms for the induction of muscle growth, including

increased fast-twitch fibre recruitment, mechanotransduction, muscle damage, systemic and localised hormone production, cell swelling, and the production of reactive oxygen species and its variants, including nitric oxide and heat shock proteins. However, the relative extent to which these specific mechanisms are induced by the primary factors with BFR resistance exercise, as well as their magnitude of involvement in BFR resistance training-induced muscle hypertrophy, requires further exploration.

### Key Points

Mechanical tension and metabolic stress are both primary mechanisms of resistance training-induced muscle hypertrophy.

Metabolic stress may play the dominant role in mediating the potent hypertrophic effects seen with blood-flow restriction (BFR) resistance training, but mechanical tension also plays a part.

Mechanical tension and metabolic stress act synergistically to mediate numerous secondary associated mechanisms, all of which stimulate autocrine and/or paracrine actions for the induction of muscle hypertrophy with BFR resistance training.

### 1 Background

During resistance exercise, motor units, and hence muscle fibres, are recruited according to the 'size principle' [1], in which the smaller motor units associated with lower

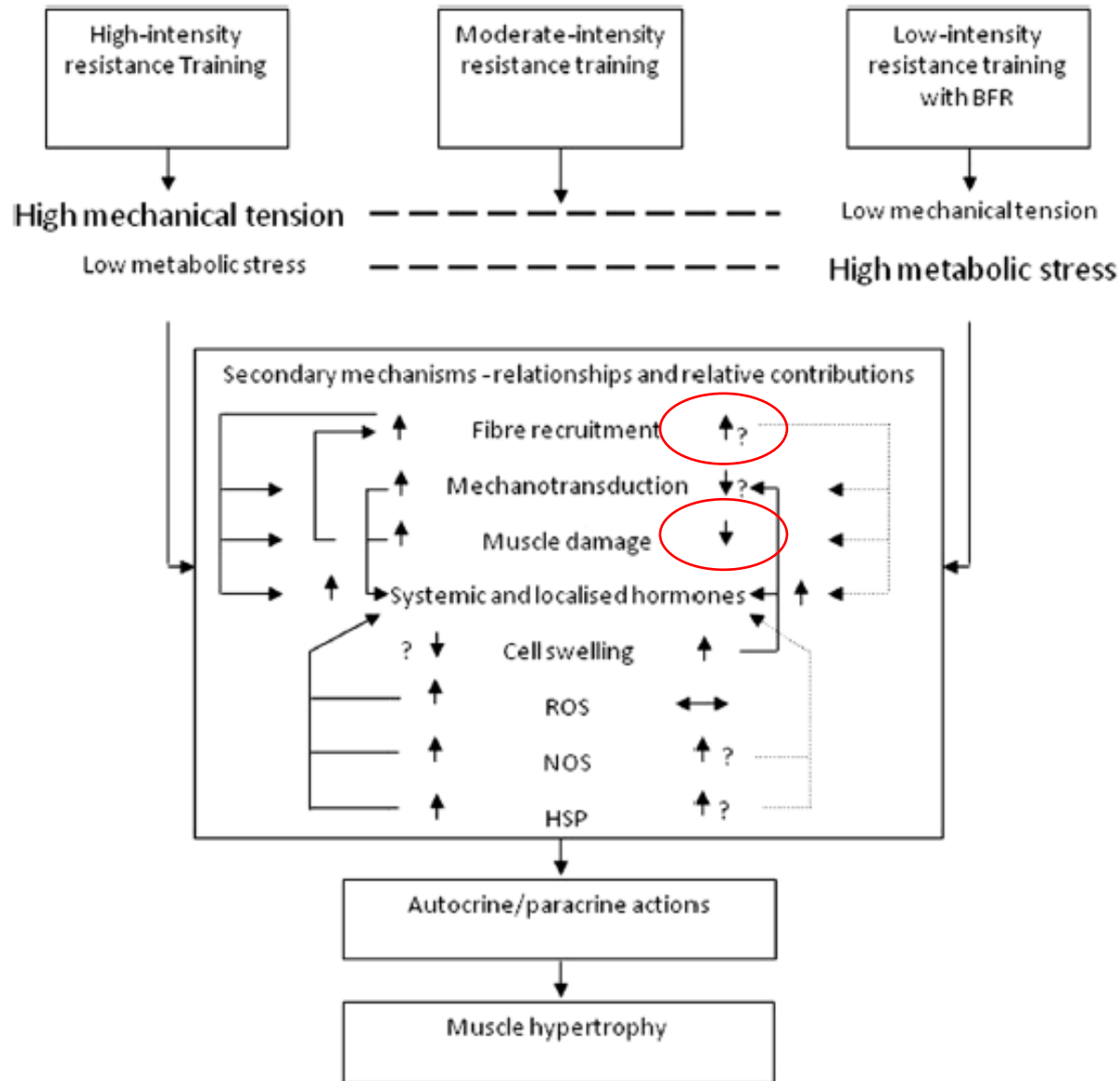
В последнее время, использование силовых упражнений низкой интенсивности с ограничением кровотока (BFR) показало, что гипертрофия мышц может быть вызвана с низким уровнем интенсивности (50% и ниже от 1ПМ). Основные механизмы пока роста точно не определены. Метаболический стресс был предложен в качестве основного фактора активации множества других механизмов, которые вызывают рост мышц.

S. J. Pearson (✉) · S. R. Hussain  
Centre for Health, Sport and Rehabilitation Sciences Research,  
University of Salford, Manchester M6 6PU, UK  
s.j.pearson@salford.ac.uk



BFR обычно достигается путем ограничения притока крови к мышце благодаря внешнему давлению, создаваемому жгутом или манжетой, которая применяется над проксимальной частью верхних или нижних конечностей. Приложенное внешнее давление достаточно для поддержания артериального притока во время окклюзии, но ограничения венозного возврата из-за которого может уменьшиться приток крови к мышцам. Считается что сниженный кровоток вызывает ишемическую / гипоксическую среду, что усиливает тренировочный эффект, приводя к увеличению мышечной массы и силы.

# ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ВКЛАДЫ МЕХАНИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ И МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СТРЕССА НА ГИПЕТРОФИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ





# Роль различных типов волокон в гипертрофии мышц

Появляются новые данные, указывающие на то, что волокна типа I могут вносить существенный вклад в общий объем мышц. Исследования также показывают, что упражнения с низкой нагрузкой могут помочь максимизировать гипертрофию волокна I, при условии, что упражнение выполняется до отказа. В качестве практических рекомендаций можно отметить: если целью является максимальный набор общей мышечной массы, то рекомендации для тренировок должны включать упражнения с широким спектром повторений.

## The Role of Fiber Types in Muscle Hypertrophy: Implications for Loading Strategies

**EMM** Dan Ogborn, MSc, CSCS and Brad J. Schoenfeld, MSc, CSCS, CSPSP  
**EMM** <sup>2</sup>Lahman College, Bronx, New York

### ABSTRACT

EMERGING EVIDENCE SUGGESTS THAT TYPE I FIBERS DISPLAY A SUBSTANTIAL PROPENSITY FOR GROWTH IF THEY ARE SELECTIVELY TARGETED VIA LOW-LOAD TRAINING. THE PURPOSE OF THIS ARTICLE WILL BE TO REVIEW THE RESEARCH REGARDING FIBER TYPE-SPECIFIC HYPERTROPHY AND DRAW EVIDENCE-BASED CONCLUSIONS AS TO THEIR IMPLICATIONS FOR PROGRAM DESIGN.

### INTRODUCTION

**EMM** Many individuals who resistance train do so with the primary goal of increasing muscular size. Current theory suggests that exercise-induced muscle hypertrophy is regulated by a phenomenon called mechanotransduction, whereby mechanical forces are converted into chemical signals that mediate intracellular anabolic and catabolic pathways, ultimately leading to a shift in muscle protein balance that favors synthesis over degradation (42). The net effect is an accretion of myofibrillar contractile proteins that augments the diameter of individual fibers and thereby results in an increase in whole-muscle cross-sectional area (CSA) (28). Both endurance-oriented type I (slow twitch) fibers and strength-oriented

type II (fast twitch) fibers have the ability to hypertrophy. However, research shows that the growth capacity of fast-twitch fibers is approximately 50% greater than that of slow-twitch fibers (3), although a high degree of interindividual variability is seen with respect to the extent of hypertrophic adaptation (20). Based on this information, it may be assumed that recruitment of type II fibers should be the main focus of exercise program design for the accretion of muscle mass, given the enhanced rate of hypertrophy in these fibers as compared with type I fibers.

Despite a logical rationale, emerging evidence suggests that such an approach may be simplistic and perhaps misguided, at least if the goal is to maximize muscle size. Therefore, the purpose of this article will be to review the research regarding fiber type-specific hypertrophy and draw evidence-based conclusions as to their implications for program design.

### HYPERTROPHY OF TYPE II FIBERS WITH HIGH-INTENSITY STRENGTH TRAINING

Type II muscle fibers have long displayed superior growth after high-intensity strength training (1,10,11,13,14,20,31,32). Those experimental results are often extrapolated to represent a growth capacity exceeding that of type I fibers; however, it is important to note that these findings

are specific to the training intensities at which the study is performed and may not apply universally across the repetition continuum. The superior capacity for growth of this particular fiber type may be more a consequence of the models we study than an intrinsic property of the fiber itself. In support of this hypothesis, bodybuilders display greater type I fiber hypertrophy than powerlifters, presumably as a result of routinely training with higher repetition ranges (13).

Our previous understanding of the relationship between training intensity and the resultant fiber type-specific hypertrophy is best summarized by Fry's (13) comprehensive review of resistance training program variables. Using a regression analysis to assess the intensity-related percent change in fiber growth across various studies, it was determined that for the majority of training intensities above 50% of 1 repetition maximum (1RM), type II fiber growth exceeded that of the type I fibers. In addition, the peak growth rate of type I fibers was lower than for type II, regardless of training intensity. This work is limited by the fact that research to date has been biased

### KEY WORDS:

low-intensity exercise; slow-twitch fibers; low-load training; strength-endurance continuum



# Inducing hypertrophic effects of type I skeletal muscle fibers: A hypothetical role of time under load in resistance training aimed at muscular hypertrophy



Jozo Grdic<sup>a,\*</sup>, Jan Homolak<sup>b</sup>, Pavle Mikulic<sup>c</sup>, Javier Botella<sup>a</sup>, Brad J. Schoenfeld<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Institute of Sport, Exercise and Active Living (ISEAL), Victoria University, Melbourne, Australia

<sup>b</sup> School of Medicine, University of Zagreb, Zagreb, Croatia

<sup>c</sup> Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, Zagreb, Croatia

<sup>d</sup> Department of Health Sciences, CUNY Lehman College, Bronx, NY, USA

## ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Musculoskeletal  
Resistance  
Exercise  
Loading

## ABSTRACT

An emerging body of evidence is starting to suggest that the hypertrophy of skeletal muscle fibers might be load specific. In other words, it may be that resistance training with high loads (i.e.,  $\geq 60\%$  of 1 repetition maximum [1RM]) emphasizes a greater growth of type II muscle fibers, while resistance training with low loads (i.e.,  $< 60\%$  of 1RM) might primarily augment hypertrophy of type I muscle fibers. Type I and type II muscle fibers possess certain distinct characteristics, with type II muscle fibers having faster calcium kinetics, faster shortening velocities, and ability to generate more power than type I muscle fibers. Alternatively, compared to type II fibers, type I muscle fibers have a higher oxidative capacity and a higher fatigue threshold. Due to the lower fatigability of type I muscle fibers, it may be hypothesized that a greater time under load is necessary to stimulate an accentuated growth of these fibers. An increase in time under load can be achieved when training with lower loads (e.g., 30% of 1RM) and to momentary muscular failure. The present paper discusses the hypothesis that a greater hypertrophy of type I muscle fibers may be induced with low load resistance training.

## Introduction

Resistance training is a popular form of physical exercise in people across all age groups. It is commonly performed with a goal of achieving skeletal muscle hypertrophy. Current guidelines state that, within a structured resistance training session, loads that correspond to 70–85% of 1 repetition maximum (RM) are necessary for achieving skeletal muscle hypertrophy [1]. However, recent evidence suggests that, provided a set is performed to momentary muscular failure, skeletal muscle hypertrophy can be achieved across a broad range of loading zones [2].

The findings mentioned above have been observed in studies that used different methods for assessing muscular hypertrophy, including ultrasound, magnetic resonance imaging, and computed tomography [2]. In contrast to these methods, muscular hypertrophy can also be assessed using muscle biopsy sampling. This approach allows for differentiation of various types of muscle fibers, most commonly identified as type I and type II muscle fibers (in human skeletal muscle further divided to type IIa and IIx muscle fibers); adding more information about the specificity of hypertrophy across the muscle fibers. It is often posited that type II muscle fibers have a greater hypertrophic

potential with resistance training [3]. However, an emerging body of evidence suggests that the hypertrophy of muscle fibers may be load specific. In other words, it might be that training with higher loads (i.e.,  $> 60\%$  of 1RM) results in greater growth of type II muscle fibers, while training with lower loads (i.e.,  $< 60\%$  of 1RM) might primarily augment hypertrophy in type I muscle fibers [4,5]. The present paper discusses the hypothesis that greater hypertrophy of type I muscle fibers may be induced with low load resistance training.

## Physiological differences between type I and type II muscle fibers

It is important to note that type I and type II muscle fibers possess certain distinct features, with type II muscle fibers having faster calcium kinetics, faster shortening velocities, and ability to generate more power than type I muscle fibers [6]. Alternatively, compared to type II fibers, type I muscle fibers have a higher oxidative capacity and a higher fatigue threshold. Because methods for studying muscular hypertrophy primarily focused on heavier loading schemes, the data important for understanding the physiology of hypertrophy in type I muscle fibers are scarce and difficult to interpret.

Changes in skeletal muscle growth are the result of changes in the

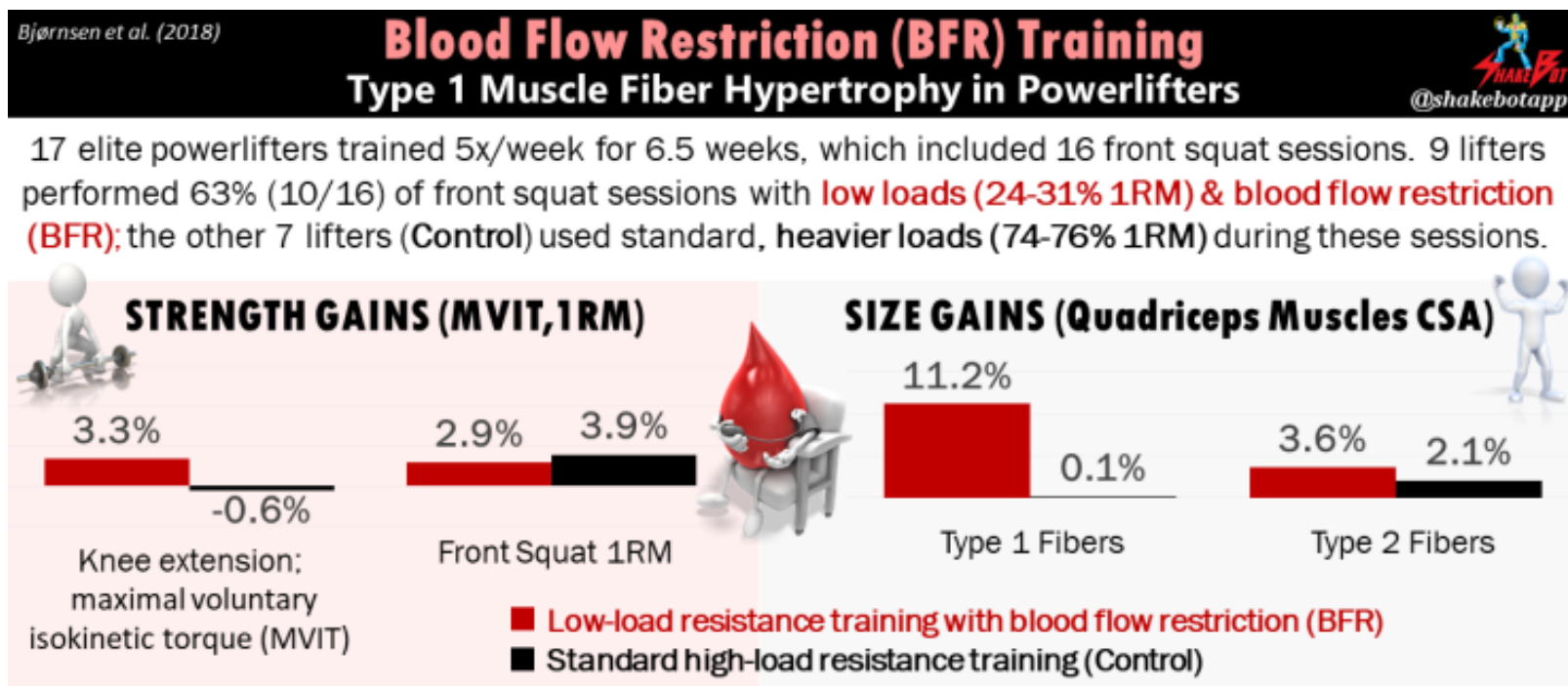
\* Corresponding author.

Более длительное время под нагрузкой может играть определенную роль в гипертрофическом ответе мышечных волокон I типа.

# Гипертрофия мышечных волокон I типа после тренировки с ограничением кровотока у пауэрлифтеров

15 мужчин (пауэрлифтеры национального уровня) передние приседания 6,5 недель. БФР 4 подхода 30% от 1ПМ до отказа.

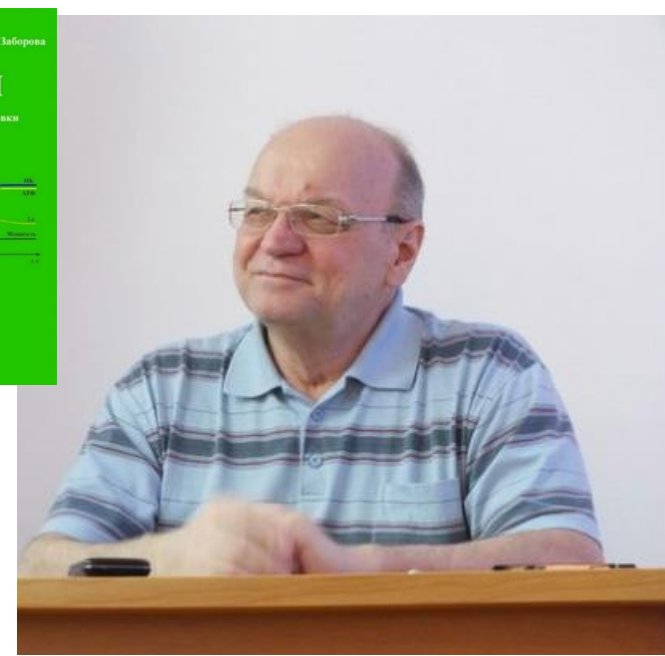
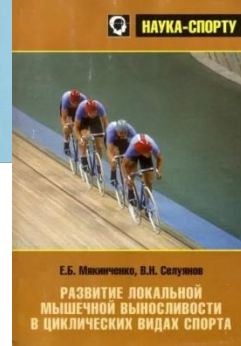
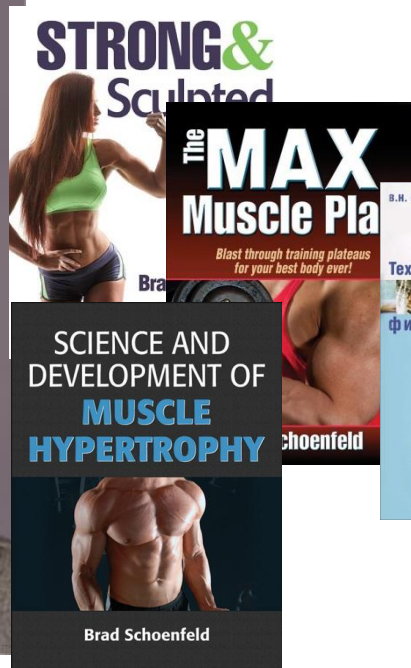
Контроль 4 подхода 70% от 1ПМ до отказа



Выводы

Despite the control group performing 10 more high-load front squat sessions than BFR, **strength & Type 2 muscle fiber size gains were similar. BFR experienced greater increases in Type 1 fiber size & myonuclear addition** (not shown). **Low-load BFR in combination with traditional strength training may be of importance to optimize adaptation of both fiber types in highly strength-trained individuals.**





Виктор Николаевич Селуянов  
Профессор, кандидат биологических наук

Брэд Шенфельд

Ученый, доктор философии

Специалист по мышечной гипертрофии

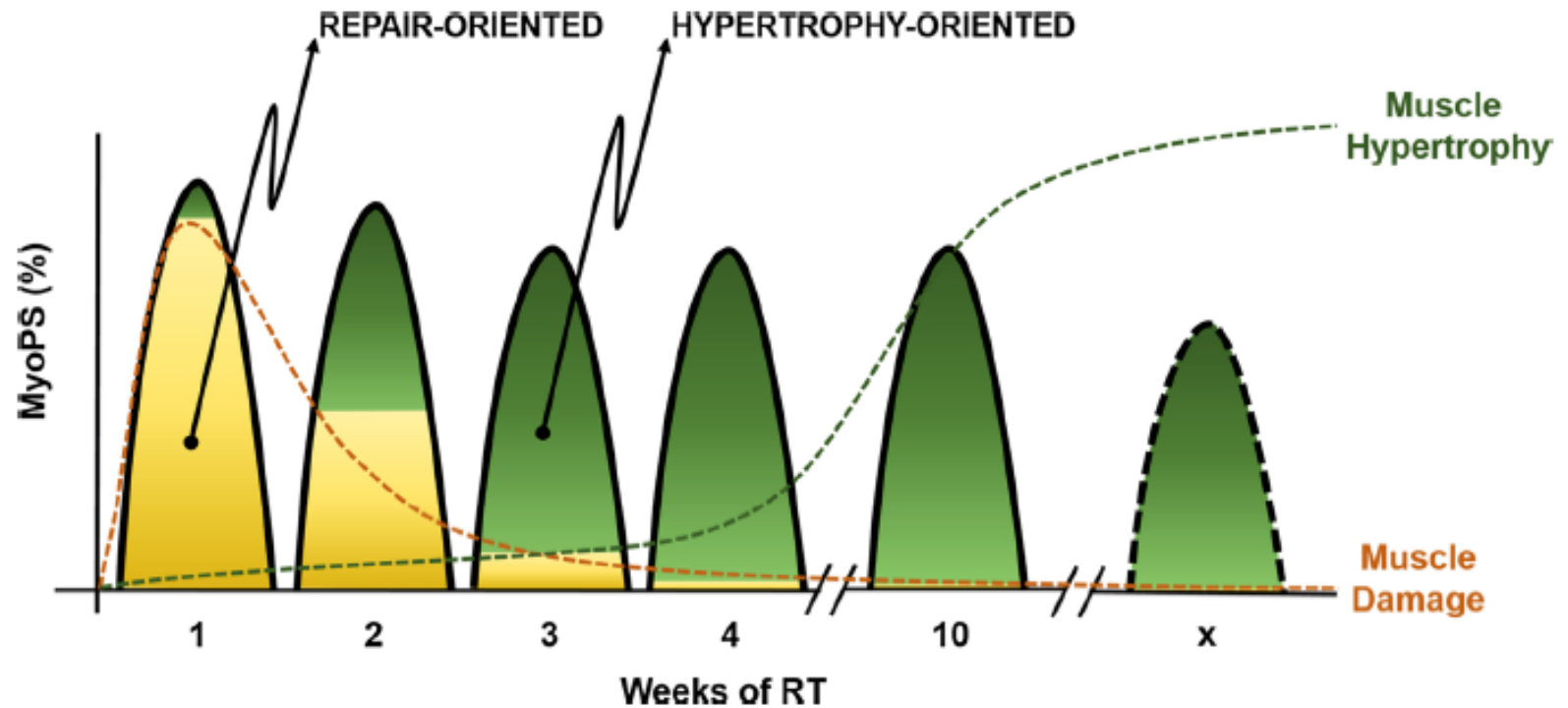
«...Силовая тренировка с большими нагрузками ( $\geq 60\%$  от 1RM) вызывает большой рост МВ типа II, тогда как тренировка при низких нагрузках ( $< 60\%$  1RM) может увеличить гипертрофию МВ I типа. МВ I и II типа обладают отличительными характеристиками. Возможно, из-за более низкой утомляемости МВ типа I, для стимуляции роста этих МВ может потребоваться больше времени под нагрузкой. Это может быть достигнуто при тренировке с низкой нагрузкой (примерно 30% от 1RM) и до отказа. (Schoenfeld 2013, 2018)»

Brad J. Schoenfeld et al. Inducing hypertrophic effects of type I skeletal muscle fibers: A hypothetical role of time under load in resistance training aimed at muscular hypertrophy. Medical Hypotheses 112 (2018) 40–42

«...гипертрофия ММВ при классической силовой тренировке выражена относительно не сильно, видимо, из-за краткосрочности действия стимула, а проявляемая гипертрофия БМВ часто является негативным фактором в видах на выносливость. Поэтому наиболее приемлемой кажется гипотеза, что гипертрофии ММВ будут способствовать изотонические и статодинамические упражнения, выполняемые при соблюдении строгих правил. (Селуянов В.Н. 1991)»

Мыкинченко Е.Б., Селуянов В.Н. Развитие локальной мышечной выносливости в циклических видах спорта. 2005 - 182-183.

# РОЛЬ ПОВРЕЖДЕНИЙ МВ В УСКОРЕНИИ СИНТЕЗА БЕЛКА



Скорость миофибрилярного синтеза белка (MyoPS), повышенная после тренировки для ремонта (желтые области) из-за повреждения мышечного волокна (оранжевый пунктир линии) и повышенная для гипертрофии мышечных волокон (зеленые зоны).

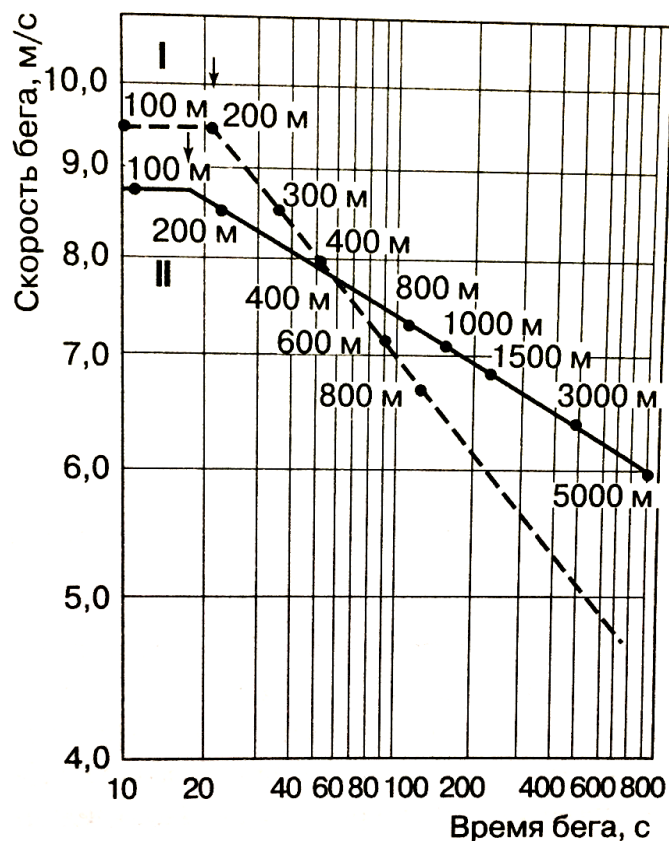
Мы утверждаем, что первоначальное увеличение MPS post-RT, вероятно, направлено на восстановление мышц и ремоделирование из-за нанесенного ущерба и не коррелирует с гипертрофией мышц, вызванной несколькими неделями RT. Увеличение MPS после RT способствует гипертрофии мышц только после ослабления мышечного повреждения. Кроме того, протоколы RT, которые не способствуют значительному повреждению мышц, вызывают сходную гипертрофию.

Таким образом, мы заключаем, что мышечное повреждение не является процессом, который опосредует или усиливает RT-индуцированную гипертрофию мышц.

# АЭРОБНАЯ ТРЕНИРОВКА

# КОГДА ГОВОРИМ О ВЫНОСЛИВОСТИ – НЕОБХОДИМО ВСПОМНИТЬ ЭТУ ЗАВИСИМОСТЬ

Методика воспитания выносливости \_\_\_\_\_



**Рис. 32.** Кривые индивидуальных достижений в беге (В.М. Зациорский, Н.И. Волков, Н.Г. Кулик, 1965).

Кривая I соединяет точки личных рекордов на разных дистанциях у спринтера, кривая II – у стайера. Левее точки пересечения кривых лучшие результаты имеет спринтер, правее – стайер



# ТРАДИЦИОННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВЫНОСЛИВОСТИ

**ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ** – ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СПОРТСМЕНА К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ СДВИГАМ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ОРГАНИЗМА.

**УТОМЛЕНИЕ ОБЪЯСНЯЕТСЯ**, ГЛАВНЫМ ОБРАЗОМ, РАБОЧЕЙ ГИПОКСИЕЙ МЫШЦ, ЧТО ВЫЗЫВАЛО АКТИВИЗАЦИЮ ГЛИКОЛИЗА, ПОВЫШЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛАКТАТА И ДРУГИХ ПРОДУКТОВ АНАЭРОБНОГО МЕТАБОЛИЗМА В КРОВИ.

**ЛУЧШАЯ ВЫНОСЛИВОСТЬ** К РАБОТЕ СУБМАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ОБЪЯСНЯЛАСЬ ПОВЫШЕННЫМ ПОСТУПЛЕНИЕМ КИСЛОРОДА В МЫШЦЫ.

**ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВЫНОСЛИВОСТИ** КАК ФУНКЦИИ В ОСНОВНОМ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ДОСТАВКУ КИСЛОРОДА К РАБОТАЮЩИМ МЫШЦАМ.

**ГЛАВНЫМ ФАКТОРОМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ ВЫНОСЛИВОСТЬ** СЧИТАЕТСЯ АЭРОБНАЯ МОЩНОСТЬ ОРГАНИЗМА, ОЦЕНИВАЕМАЯ ПО МПК, А В КАЧЕСТВЕ ФАКТОРА, ЛИМИТИРУЮЩЕГО ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА - МОЩНОСТЬ СЕРДЦА И МОК.

**ОСНОВНАЯ РОЛЬ В ТРЕНИРОВКЕ УО И МОК ОТВОДИТСЯ ДИСТАНЦИОННЫМ СРЕДСТВАМ**, ТАК КАК ДАННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ХОРОШО РАЗВИВАЮТСЯ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ДЛИТЕЛЬНОЙ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ.

# ТРАДИЦИОННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВЫНОСЛИВОСТИ

## ВЫНОСЛИВОСТЬ РАЗДЕЛЯЮТ НА ОБЩУЮ И СПЕЦИАЛЬНУЮ

**В ОСНОВЕ ОБЩЕЙ ВЫНОСЛИВОСТИ** ЛЕЖИТ МАЛОСПЕЦИФИЧНАЯ АЭРОБНАЯ ТРЕНИРОВАННОСТЬ, РАЗВИТИЕ КОТОРОЙ НЕ ЗАВИСИТ ОТ ВНЕШНЕЙ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЙ. ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ ШИРОКИМ ПЕРЕНОСОМ.

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ВЫНОСЛИВОСТЬ** – ВЫНОСЛИВОСТЬ К ОПРЕДЕЛЕННОМУ ВИДУ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

**ГЛАВНЫМ УСЛОВИЕМ РАЗВИТИЯ ВЫНОСЛИВОСТИ** СЧИТАЛОСЬ ДОВЕДЕНИЕ СПОРТСМЕНА ДО УТОМЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ МЫШЕЧНОЙ РАБОТОЙ. УТВЕРЖДАЛОСЬ, ЧТО ЛОКАЛЬНАЯ МЫШЕЧНАЯ РАБОТА НЕ СВЯЗАНА СО ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ АКТИВАЦИЕЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМ.

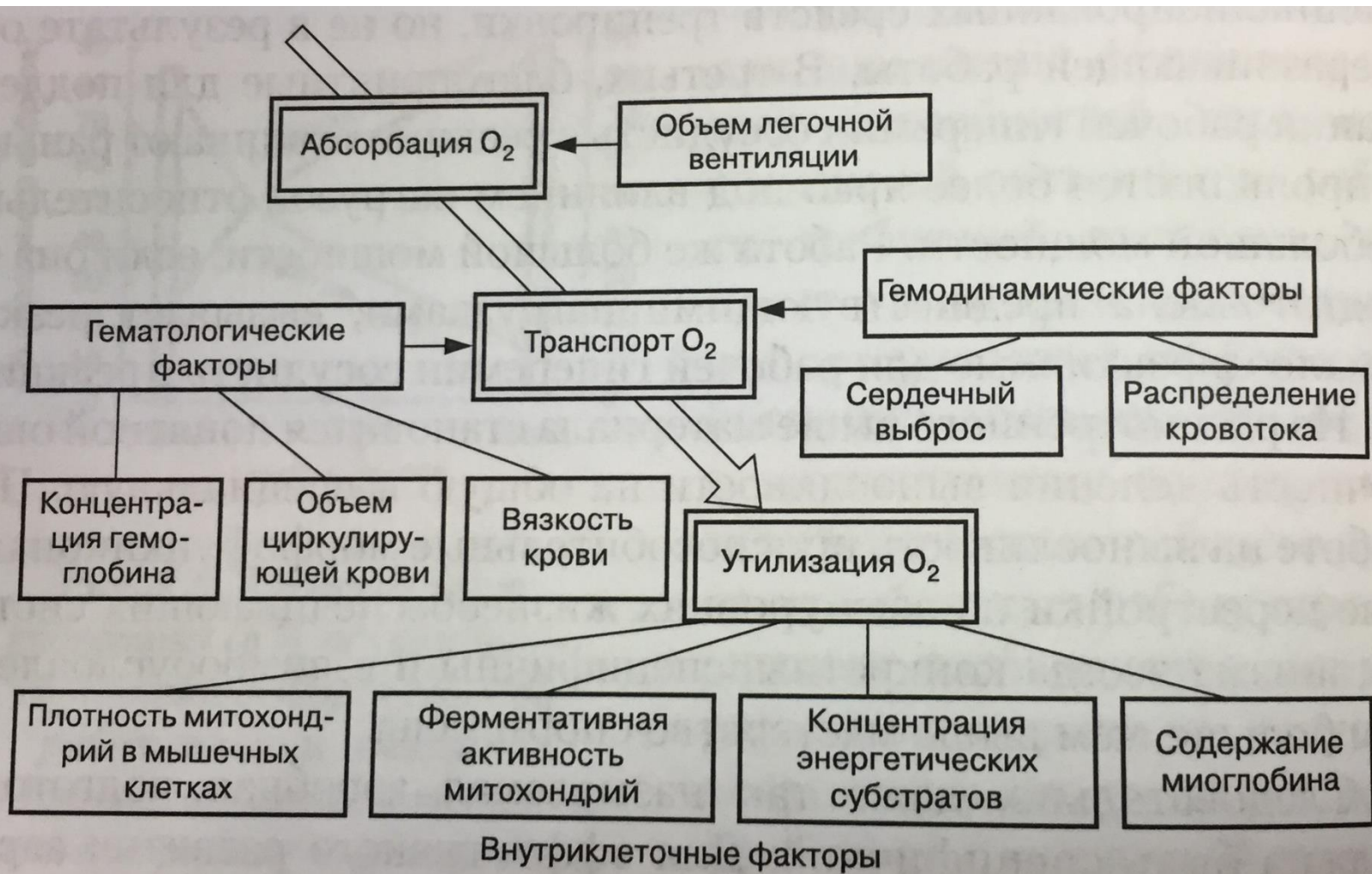
**ОТСЮДА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОБЩЕЙ ВЫНОСЛИВОСТИ** ДОПУСКАЮТСЯ ЛЮБЫЕ СРЕДСТВА, В ТОМ ЧИСЛЕ ДАЛЕКИЕ ОТ СВОЕГО ВИДА (БЕГ, ПЛАВАНИЕ, ЛЫЖИ И ДР.) **ДЛЯ РАЗВИТИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЖЕ ВЫНОСЛИВОСТИ** РЕКОМЕНДУЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫЕ УПРАЖНЕНИЯ.

**РАЗВИТИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ К СУБМАКСИМАЛЬНОЙ РАБОТЕ** СВЯЗЫВАЛОСЬ С СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ГЛИКОЛИТИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗМА.

ОПРЕДЕЛЕННУЮ ЧАСТЬ РАБОТЫ РЕКОМЕНДОВАЛОСЬ ВЫПОЛНЯТЬ НА ВЫСОКОМ УРОВНЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛАКТАТА В КРОВИ, ЧТОБЫ «ПРИВЫКАТЬ» К МЕТАБОЛИЧЕСКОМУ АЦИДОЗУ.

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВЫНОСЛИВОСТИ

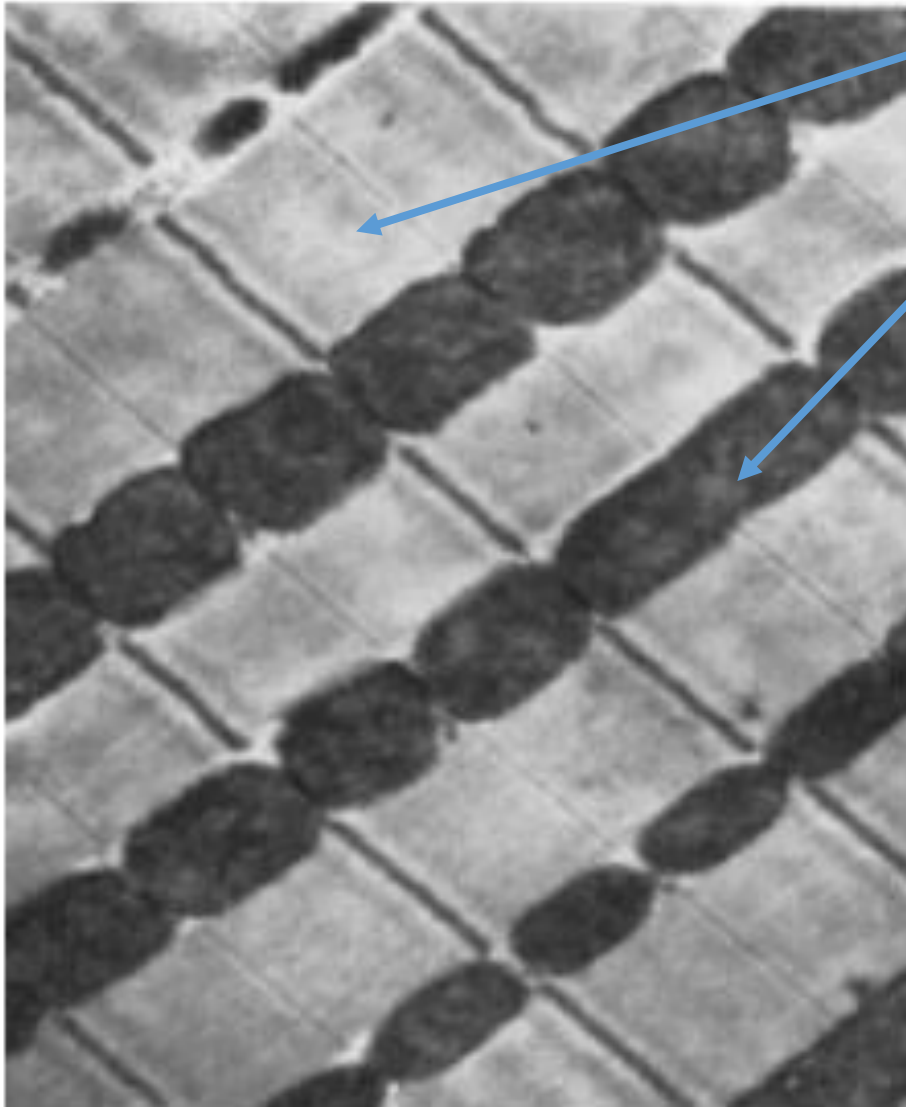
Важнейший вывод, к которому приводят современные достижения физиологии мышечной деятельности, заключается в том, что выносливость в спорте определяется не только и не сколько количеством кислорода, доставляемого к работающим мышцам, сколько их способностью использовать поступающий кислород для ресинтеза АТФ.



*Рис. 2.7. Схема кислородного каскада в организме (Ю. Верхошанский, 1988)*



# МЕТОДЫ АЭРОБНОЙ ТРЕНИРОВКИ



Миофибриллы

Митохондрии

Митохондрии – энергетические станции клетки, обычно обнаруживаются вблизи участков цитоплазмы, где возникает потребность в АТФ.

Митохондриальная сеть оплетает миофибриллы только в один слой.

Поэтому существует предельное соотношение массы митохондрий и миофибрилл. Это имеет место в миокарде и окислительных мышечных волокнах.

# (SIT, СИТ) СПРИНТЕРСКАЯ ИНТЕРВАЛЬНАЯ ТРЕНИРОВКА

## ГИПЕРПЛАЗИЯ МХ В ГМВ

Интенсивность сокращения мышц- не менее 80% от максимума.

Интенсивность упражнения (темп) - в зависимости от средств.

Продолжительность упражнения – «До утомления, но терпеть нельзя!»

Вид интервала отдыха – пассивный или активный до уровня АЭП

Время отдыха - 1:4 - 8 соотношение работы и отдыха

Кол-во повторений – 5 в серии, 2 серии – поддержание, 3-5 – развитие (6 при ежедневной риск перетренировки!).

Кол-во тренировок в неделю – тонизирующая 2-4 раза в неделю (без закисления!), развивающая - ежедневно по 2-4 раза в день.

В рамках метода время активности ГМВ в сумме за неделю составляет при тонизирующей тренировке 600- 800 с, при развивающей 3000-5000 с.



# ВЫСОКОИНТЕНСИВНАЯ ИНТЕРВАЛЬНАЯ ТРЕНИРОВКА (НИИТ, ХИТ) ГИПЕРПЛАЗИЯ МХ В ГМВ

Интенсивность сокращения мышц - не менее 90% - 110% от МПК.

Интенсивность упражнения (темп) - в зависимости от средств.

Продолжительность упражнения – 1 – 8 минут «До утомления, но терпеть нельзя!»

Вид интервала отдыха – пассивный или активный до уровня АэП

Время отдыха - 1:1, 1:2 соотношение работы и отдыха.

Кол-во повторений – от 4 до 8, 4 интервала – поддержание, 6-8 – развитие (6-8 при ежедневной риск перетренировки!).

Кол-во тренировок в неделю – тонизирующая 2-4 раза в неделю (без закисления!), развивающая - ежедневно по 2 раза в день.

В рамках метода время активности ГМВ в сумме за неделю составляет при тонизирующей тренировке 600- 800 с, при развивающей 3000-5000 с.

## Метод развития мембранных МХ в ГМВ (скоростной выносливости)

При выполнении упражнений с низким темпом основные затраты энергии связаны с собственно мышечным сокращением, а при упражнении с высоким темпом еще и с обеспечением процесса расслабления мышцы (митохондрии около кальциевых насосов т-трубочек).

Интенсивность сокращения мышц - не менее 80% от максимума.

Интенсивность упражнения (темп) – быстрый от 90% от макс.

Продолжительность упр. – «До утомления, но терпеть нельзя!»

Вид интервала отдыха – до уровня АЭП

Время отдыха - если затраты КрФ не более 30%, то 45-120 с.

Кол-во повторений – 5 в серии, 2 серии – поддержание, 3-5 – развитие (6 при ежедневной риск перетренировки!).

Кол-во тренировок в неделю – развивающая ежедневно 2-4 раза в день (без закисления!), тонизирующая - по 2-4 раза в неделю.

В рамках метода время активности ГМВ в сумме за неделю составляет при тонизирующей тренировке 600- 800 с, при развивающей 3000-5000 с.

# ТЕМПОВАЯ РАБОТА «ОКОЛО И НА ПОРОГЕ»

## ГИПЕРПЛАЗИЯ МХ В ПМВ

В ЦВС очень популярна работа на до АнП (база) и выше АнП (МПК адаптация?!)

Интенсивность сокращения мышц - мощность от на АнП;

Интенсивность сокращения мышц (темп) – в зависимости от средств, выгодно редко, но мощно! 😊

Интенсивность сокращения мышц – 2 – 20 мин, лактат 4- 6;

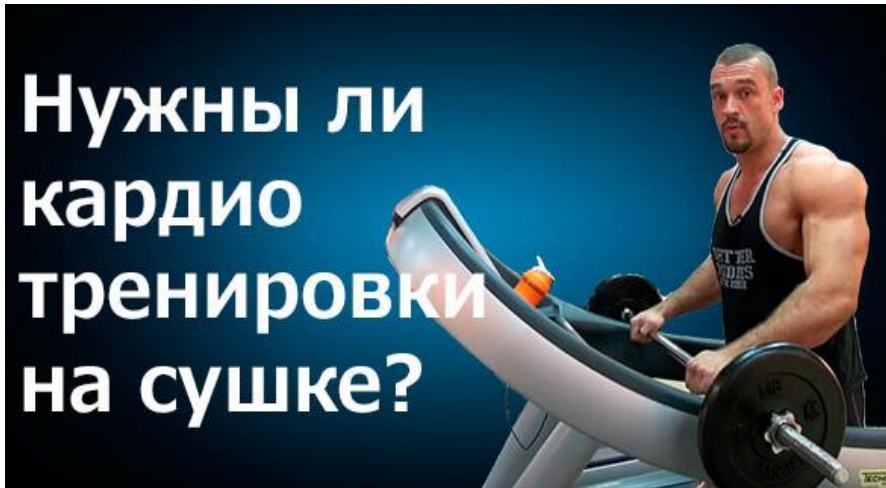
Вид интервала отдыха – до уровня АэП;

Время отдыха - до устранения утомления.

Кол-во повторений – 20-60 мин чистого времени работы.

Кол-во тренировок в неделю – ежедневно (без существенного закисления!), тонизирующая – 2-3 раза в неделю, ежедневно по 2 раза в день.

# МЕТОДЫ ТРЕНИРОВКИ СЕРДЦА

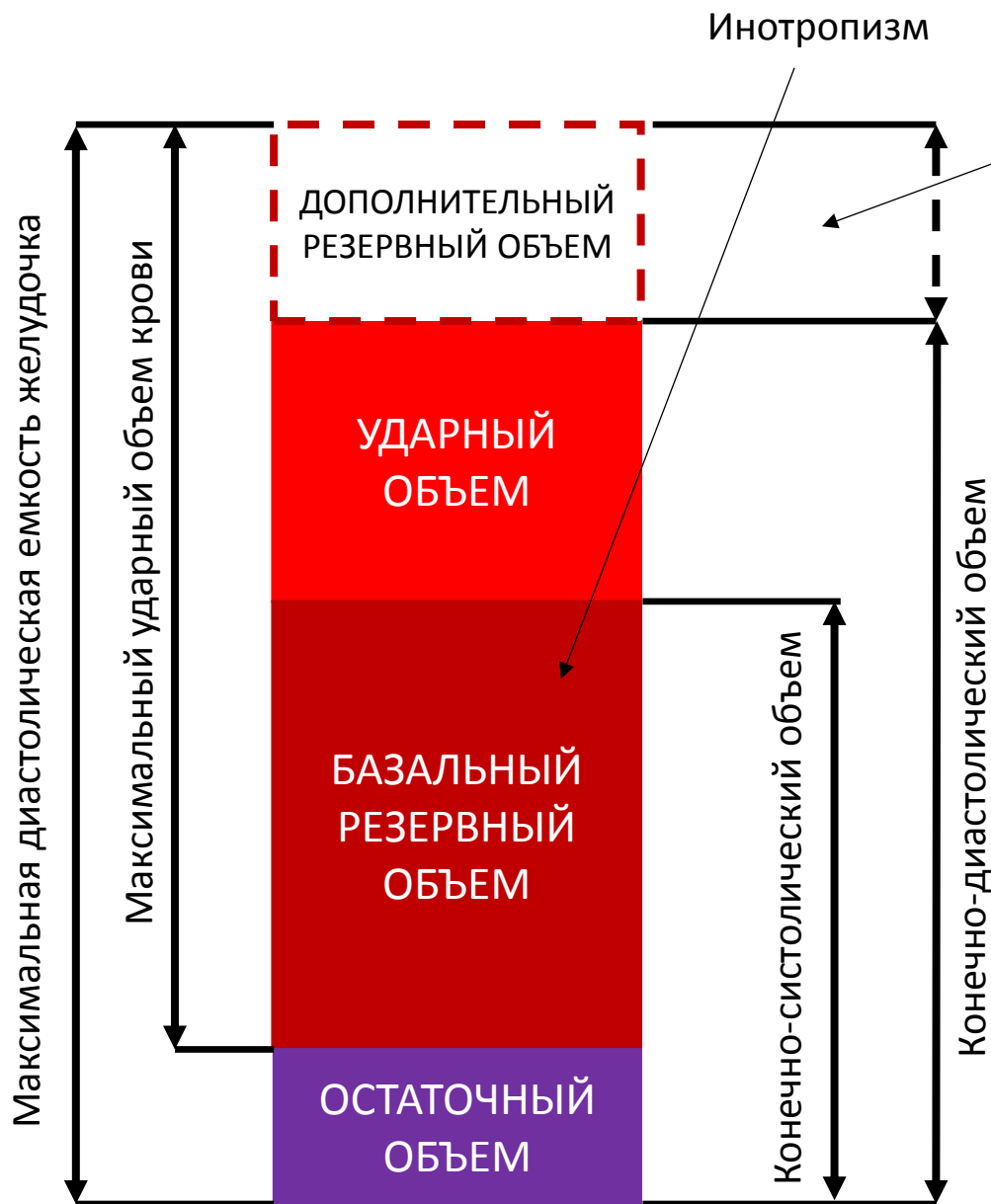


Венозный возврат зависит от массы мышц, участвующих в двигательном действии. Тренировка мелких мышечных групп не приводит к растяжению миокарда из-за отсутствия интенсивного потока крови к сердцу.

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕТОД

- Интенсивность упражнения соответствует мощности МПК;
  - Продолжительность - 60 с для достижения ЧСС 180 уд/мин и еще 30 с для поддержания высокого пульса, т.е. 90 с;
  - Интервал отдыха 2 мин – удается полностью метаболизировать молочной кислоту;
- Количество повторений может составлять от 10 до 40 раз;  
Количество тренировок в неделю - 2-3.

# ФРАКЦИИ ДИАСТОЛИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА



Механизм Франка-Старлинга

**БРО** – кол-во крови, которое может быть выброшено при усилении инотропизма

**ОО** – кол-во крови, которое не может быть выброшено при самом мощном сокращении

**ДРО** – дополнительный объем в следствие давления наполнения

**Увеличение МОК при нагрузке – ЧСС + Франка-Старлинга + БРО**

# ДОСТАВКА И УТИЛИЗАЦИЯ O<sub>2</sub>

Пример:

МЛВ на тестах может достигать 150-200 л/мин – через легкие проходит 30 – 40 л O<sub>2</sub>/мин

МОК = УОС \* ЧСС = 0,160мл \* 190уд = 30,4 л/мин

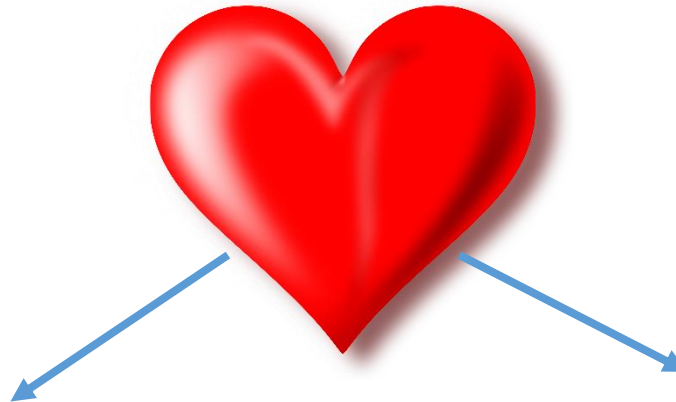
Тогда возможное МПК составит:

МПК = УОС \* ЧСС \* Нв \* 1,34 = 0,160\*190\*150\*1,34 \* 0,001 = 6,1 л/мин

Если масса тела 75 кг, то МПК 81,3 мл/кг/мин

4 л O<sub>2</sub>/мин

3 л O<sub>2</sub>/мин на АНП



5 л O<sub>2</sub>/мин на АНП



Самые тренированные с точки зрения выносливости мышечные волокна окислительного типа (ОМВ) способны потреблять не более 300 мл в минуту на килограмм своей массы. Наименее выносливые гликолитические волокна (ГМВ) «едят» около 120 мл/мин. В среднем же, у хорошо тренированных спортсменов основные рабочие мышцы потребляют около 200 мл в минуту на каждый килограмм.

# ЦЕНТРАЛЬНЫЙ И ПЕРИФЕРИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

## **Центральный фактор: ССС.**

Проявляется редко, чаще на пределе спортивных достижений, зависит от размеров сердца;

1 л крови переносит 160 мл O<sub>2</sub>

УОС макс = 120-130 мл/уд у нетренированного!

При ЧСС 190 получим:  $190 \cdot 130 \cdot 160 = \text{около } 4 \text{ л/мин}$ , уровень МС!

(у суператлетов 7-8 л/мин) Предел - больше 8л/мин нет ни у кого!

## **Периферические факторы: Мышцы.**

Проявляется очень часто, зависит от ОП мышц;

1 кг ОМВ потребляет O<sub>2</sub> 0,2-0,3 л/мин

10 кг активных и максимально подготовленных мышц – 3л/мин;

Суператлет 60% мышц от массы тела, активных мышц при беге около 5 кг – сердце дает больше, чем мышцы могут потребить;

7л/мин – предел Олимпийских чемпионов!

Потребление O<sub>2</sub> на АНП почти всегда 50-80% от МПК;

Показатели МПК зависят от вида локомоции;

Рост результатов связан с ростом АНП (подготовка мышц).



# Using Molecular Biology to Maximize Concurrent Training

Keith Baar

© The Author(s) 2014. This article is published with open access at Springerlink.com

**Abstract** Very few sports use only endurance or strength. Outside of running long distances on a flat surface and power-lifting, practically all sports require some combination of endurance and strength. Endurance and strength can be developed simultaneously to some degree. However, the development of a high level of endurance seems to prohibit the development or maintenance of muscle mass and strength. This interaction between endurance and strength is called the concurrent training effect. This review specifically defines the concurrent training effect, discusses the potential molecular mechanisms underlying this effect, and proposes strategies to maximize strength and endurance in the high-level athlete.

## 1 Introduction

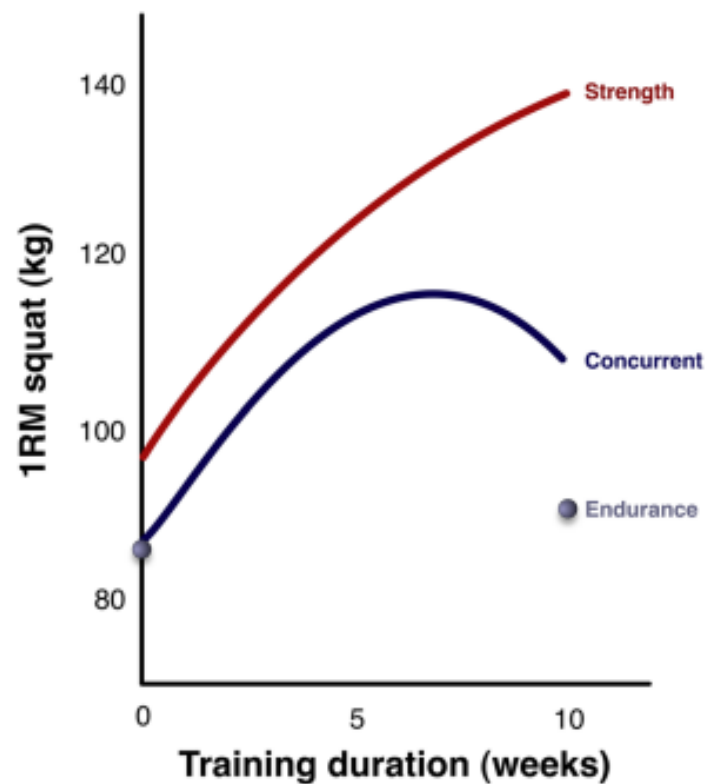
Robert Hickson was a power-lifter when he went to do his post-doctoral work in the laboratory of Professor John Holloszy. Every day, Holloszy, the father of endurance exercise research, would leave the Washington University Medical Campus and go for runs through the adjoining Forest Park. In his effort to make a good impression with his new boss, Dr. Hickson decided to accompany Prof. Holloszy on his afternoon runs, but soon found that his muscle mass and strength were decreasing in spite of the fact that he was still doing his strength training at the same frequency and intensity. When Hickson approached

Holloszy with his problem, he was told: "this should be the first study you do when you have your own lab." True to his word, the first study that Hickson completed in his new laboratory at the University of Illinois in Chicago was the seminal study on concurrent training.

Published in 1980 [1], Hickson's classic study trained three groups of subjects: Group 1 performed strength training alone; Group 2 performed endurance training alone; and Group 3 performed strength and endurance together. The strength training was performed 5 days per week for 10 weeks, and was designed exclusively to increase leg strength. True to his power-lifting background, Hickson had his subjects perform all of the exercises with as much weight as possible. The endurance training was performed 6 days per week for the same 10-week period and consisted of 3 days of cycling and 3 days of running. The cycling exercise consisted of six 5-min intervals at maximal aerobic capacity ( $VO_{2max}$ ), whereas the instructions on the running days were to "run as fast as possible" for 30 min/day in the first week, 35 min/day for the second week, and 40 min/day for the remainder of the study. The concurrent training group performed both the strength and endurance training protocols in a non-standardized order with between 15 min and 2 h of rest in between.

At the end of the 10-week training program,  $VO_{2max}$  was determined on the bike and treadmill. The strength alone group showed a 4 % improvement in  $VO_{2max}$  on the bike with no change when measured on the treadmill. In contrast, the endurance and concurrent training groups both increased  $VO_{2max}$  by 17 % on the treadmill and ~20 % on the bike. This indicated that strength training does not negatively affect endurance adaptations or performance. It should be noted, however, that the concurrent training group did not increase their bodyweight over the training period as a result of their strength training. If they had, it

# МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ КОНКУРЕНТНОГО ТРЕНИНГА



**Fig. 1** The concurrent training effect on strength. The figure shows the increase in one repetition maximum in the squat in subjects who participated in 10 weeks of high-intensity resistance exercise alone (resistance), endurance exercise alone (endurance), and both types of training (concurrent). Also, note that the strength and concurrent groups both increased their strength together up to 7 weeks, when the strength group started making greater gains than the concurrent group (adapted from Hickson [1], with permission). *1RM* one repetition maximum

K. Baar (✉)  
Functional Molecular Biology Lab, Department of  
Neurobiology, Physiology, and Behavior, University of  
California Davis, One Shields Ave, 174 Briggs Hall,  
Davis, CA 95616, USA  
e-mail: kbaar@ucdavis.edu

# МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ КОНКУРЕНТНОГО ТРЕНИНГА

Рекомендации для максимизации митохондриальных адаптаций и для мышечной массы и силовых адаптаций:

**(а) Любые высокоинтенсивные тренировки на выносливость должны быть выполнены в начале дня. Затем период восстановления должен продолжаться не менее 3 часов, чтобы активность АМПК и SIRT1 вернулись к исходному уровню.**

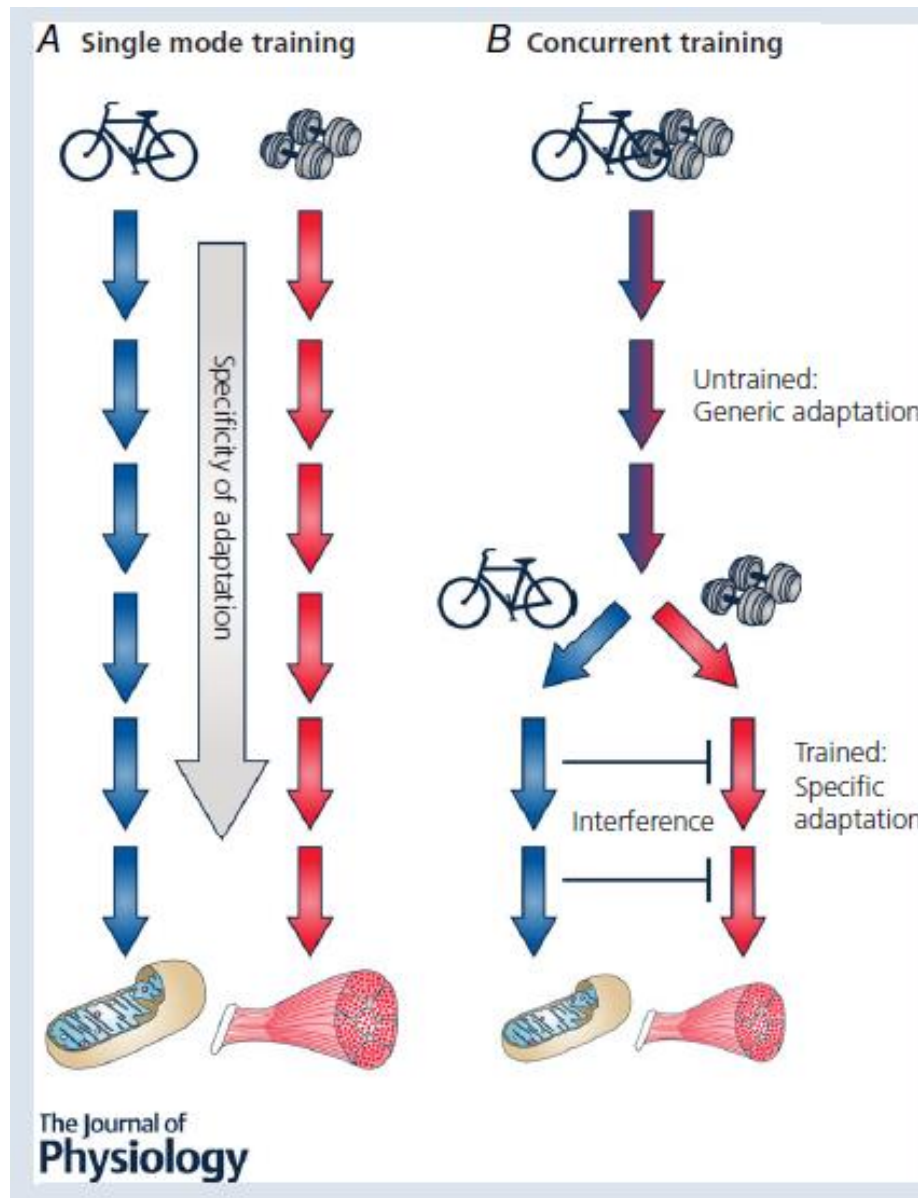
Предположение основано на том, что деятельность АМПК быстро увеличивается, а затем возвращается к базовым уровням в течение первых 3 ч после высокоинтенсивных упражнений, тогда как активность mTORC1 может поддерживаться на уровне еще минимум через 18 ч после упражнений с отягощениями.

**(b) Силовые упражнения должны сопровождаться приемом легкоусвояемого, богатого лейцином, белка, как можно скорее после тренировки для максимального усвоения лейцина и синтеза белка.** Так как упражнения с сопротивлением выполняются позже в тот же день, становится еще более важным потреблять белок непосредственно перед сном, чтобы максимизировать синтез белка ночью.

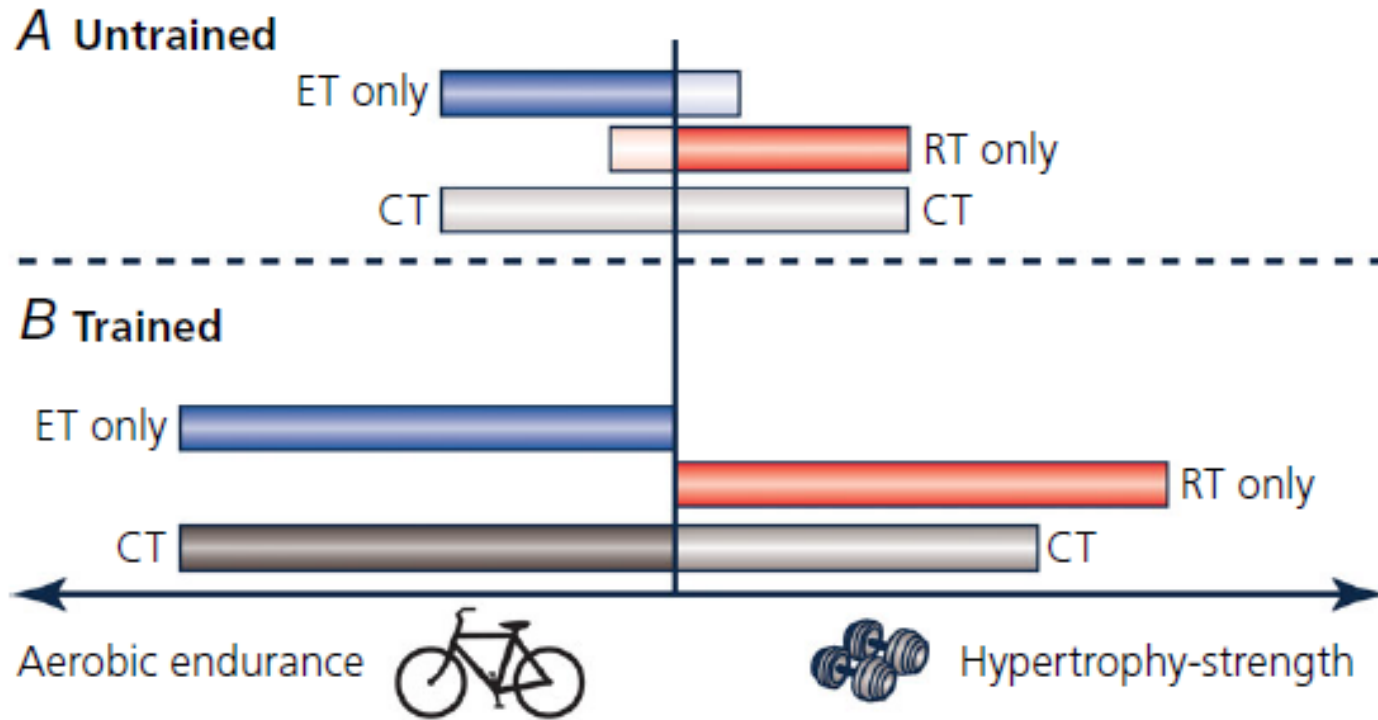
## МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ КОНКУРЕНТНОГО ТРЕНИНГА

**с) Полностью восполнять потраченную энергию между утренней интенсивной тренировкой на выносливость и послеобеденной силовой, так как AMPK может быть активирована низким гликогеном , а SIRT1 активирован ограничением калорий.** Если невозможно поддерживать положительный энергобаланс из-за объема и интенсивности тренировок, может быть лучше зарезервировать часть межсезонья (и короткие периоды в сезон) исключительно для увеличения размера мышц и силы, а затем использовать более высокое потребление белка для поддержания мышечной массы по мере увеличения аэробной нагрузки в течение сезона.

**(d) Чтобы улучшить реакцию на упражнения на выносливость низкой интенсивности и обеспечить силовой стимул, подумайте о выполнении силовых тренировок сразу после низкоинтенсивной, не истощающей тренировки на ВЫНОСЛИВОСТЬ.** Выполнение силовой сессии сразу после сеанса низкоинтенсивной работы приводит к большему стимулу для адаптации выносливости, чем один сеанс низкоинтенсивной работы на выносливость, и сеанс низкой интенсивности не повлияет на передачу сигналов, регулирующих прирост силы.



Concurrent exercise training: do opposites distract?  
 Vernon G. Coffey and John A. Hawley J Physiol 595.9 (2017) pp 2883–2896



The Journal of  
**Physiology**

Concurrent exercise training: do opposites distract?  
Vernon G. Coffey and John A. Hawley J Physiol 595.9 (2017) pp 2883–2896



## The Role of Intra-Session Exercise Sequence in the Interference Effect: A Systematic Review with Meta-Analysis

Lee Eddens<sup>1</sup>  · Ken van Someren<sup>1</sup> · Glyn Howatson<sup>1,2</sup> 

© The Author(s) 2017. This article is an open access publication

### Abstract

**Background** There is a necessity for numerous sports to develop strength and aerobic capacity simultaneously, placing a significant demand upon the practice of effective concurrent training methods. Concurrent training requires the athlete to perform both resistance and endurance exercise within a training plan. This training paradigm has been associated with an 'interference effect', with attenuated strength adaptation in comparison to that following isolated resistance training. The effectiveness of the training programme rests on the intricacies of manipulating acute training variables, such as exercise sequence. The research, in the most part, does not provide a clarity of message as to whether intra-session exercise sequence has the potential to exacerbate or mitigate the interference effect associated with concurrent training methods.

**Objective** The aim of the systematic review and meta-analysis was to assess whether intra-session concurrent exercise sequence modifies strength-based outcomes associated with the interference effect.

**Methods** Ten studies were identified from a systematic review of the literature for the outcomes of lower-body dynamic and static strength, lower-body hypertrophy,

maximal aerobic capacity and body fat percentage. Each study examined the effect of intra-session exercise sequence on the specified outcomes, across a prolonged ( $\geq 5$  weeks) concurrent training programme in healthy adults.

**Results** Analysis of pooled data indicated that resistance-endurance exercise sequence had a positive effect for lower-body dynamic strength, in comparison to the alternate sequence (weighted mean difference, 6.91% change; 95% confidence interval 1.96, 11.87 change;  $p = 0.006$ ), with no effect of exercise sequence for lower-body muscle hypertrophy (weighted mean difference, 1.15% change; 95% confidence interval  $-1.56$ , 3.87 change;  $p = 0.40$ ), lower-body static strength (weighted mean difference,  $-0.04\%$  change; 95% confidence interval  $-3.19$ , 3.11 change;  $p = 0.98$ ), or the remaining outcomes of maximal aerobic capacity and body fat percentage ( $p > 0.05$ ).


**Conclusion** These results indicate that the practice of concurrent training with a resistance followed by an endurance exercise order is beneficial for the outcome of lower-body dynamic strength, while alternating the order of stimuli offers no benefit for training outcomes associated with the interference effect.

# РОЛЬ ВНУТРИТРЕНИРОВОЧНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ УПРАЖНЕНИЙ В ЭФФЕКТЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ

Полученные данные подтверждают практику силовой тренировки с последующей тренировкой на выносливость для динамической силы нижней части тела, во время длительной (до 5 недель) параллельной тренировки.

Не было никакого дополнительного влияния данного варианта на результаты для статической силы нижней части тела и мышечной гипертрофии. Это было верно и для максимальной аэробной емкости и процента жира в организме.

Lee Eddens and Ken van Someren are co-authors.

 Glyn Howatson  
glyn.howatson@northumbria.ac.uk

<sup>1</sup> Department of Sport, Exercise and Rehabilitation, Northumbria University, Newcastle upon Tyne, UK

<sup>2</sup> Water Research Group, North West University, Potchefstroom, South Africa



## The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: A systematic review and meta-analysis

Zsolt Murlasits<sup>a,b</sup>, Zsuzsanna Kneffel<sup>a</sup> and Lukman Thalib<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Sport Science Program, Qatar University, Doha, Qatar; <sup>b</sup>Laboratory Animal Research Center, Qatar University, Doha, Qatar; <sup>c</sup>Department of Public Health, Qatar University, Doha, Qatar

### ABSTRACT

We conducted a systematic literature review and meta-analysis to assess the chronic effects of the sequence of concurrent strength and endurance training on selected important physiological and performance parameters, namely lower body 1 repetition maximum (1RM) and maximal aerobic capacity ( $\dot{V}O_{2\max}$ /peak). Based on predetermined eligibility criteria, chronic effect trials, comparing strength-endurance (SE) with endurance-strength (ES) training sequence in the same session were included. Data on effect sizes, sample size and SD as well other related study characteristics were extracted. The effect sizes were pooled using fixed or Random effect models as per level of heterogeneity between studies and a further sensitivity analyses was carried out using Inverse Variance Heterogeneity (IVhet) models to adjust for potential bias due to heterogeneity. Lower body 1RM was significantly higher when strength training preceded endurance with a pooled mean change of 3.96 kg (95%CI: 0.81 to 7.10 kg). However, the training sequence had no impact on aerobic capacity with a pooled mean difference of  $0.39 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$  (95%CI:  $-1.03$  to  $1.81 \text{ ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Sequencing strength training prior to endurance in concurrent training appears to be beneficial for lower body strength adaptations, while the improvement of aerobic capacity is not affected by training order.

### ARTICLE HISTORY

Accepted 31 July 2017

### KEYWORDS

Combined training;  
resistance training; exercise  
order; training interference

### Introduction

Performing strength and endurance training simultaneously in the same training period, typically called concurrent training, is a popular training strategy to develop various aspects of physiological capabilities in most sports (Balabiniš, Psarakis, Moukas, Vassiliou, & Behrakis, 2003; Wong & Chaouachi, 2010). Concurrent training can also impact overall health, including cardiovascular risk factors and muscular fitness to a greater extent than each modality alone (Häkkinen, Hannonen, Nyman, Lyyski, & Häkkinen, 2003; Sheikholeslami-Vatani, Siahkouchian, Hakimi, & Ali-Mohammadi, 2015; Takeshima et al., 2004). However, the compatibility of these different training methods has been questioned as it appears that performing strength and endurance training concurrently can interfere with long-term adaptations compared to when they are performed alone (Dudley & Djamil, 1985; Glowacki et al., 2004; Hennessy & Watson, 1994; Hickson, 1980). Studies in general show that while strength performance is negatively affected by the inclusion of endurance training, concurrent training seems to have no negative impact on cardiovascular adaptations (Wilson et al., 2012). This concept is very practically relevant, because maximal strength is a major determinant of athletic performance as well as daily functioning (Beattie, Gason, Lyons, Rossiter, & Kenny, 2017; Mitchell et al., 2012). Therefore, optimizing strength adaptations with endurance training remains an important goal both for clinical and performance research.

However, it has been shown that several factors, such as exercise mode and intensity, muscle groups trained (upper vs. lower body) and subject characteristics (elite athletes vs. sedentary, young vs. old), along with inter-individual variations may influence the outcome of concurrent strength and endurance training (Docherty & Sporer, 2000; Fyfe, Bishop, & Stepto, 2014; Gergley, 2009). Additionally, the impact of sequence, that is strength training performed prior to endurance training as opposed to endurance training prior to strength training is not well known. Previous studies on this area were small, under-powered and contradictory.

It is conceivable that when one type of training is performed immediately prior to the second stimulus, acute local or systemic fatigue would interfere with the later performance (Reed, Schilling, & Murlasits, 2013). Along these lines, Sporer and Wenger (2003) demonstrated that both high-intensity interval exercise and continuous submaximal exercise bouts reduced the number of repetitions performed in strength training for at least eight hours after these sessions. Similarly, back squat performance, but not bench press repetitions, were affected immediately following a 45-min submaximal cycle session at 75% of maximal heart rate (Reed et al., 2013). Therefore, long-term adaptations may be optimised when strength and endurance training are performed on alternate days, separated by at least 24 hours (Cantrell, Schilling, Paquette, & Murlasits, 2014; Karavirta et al., 2011). On the other hand, the current literature is in conflict whether the

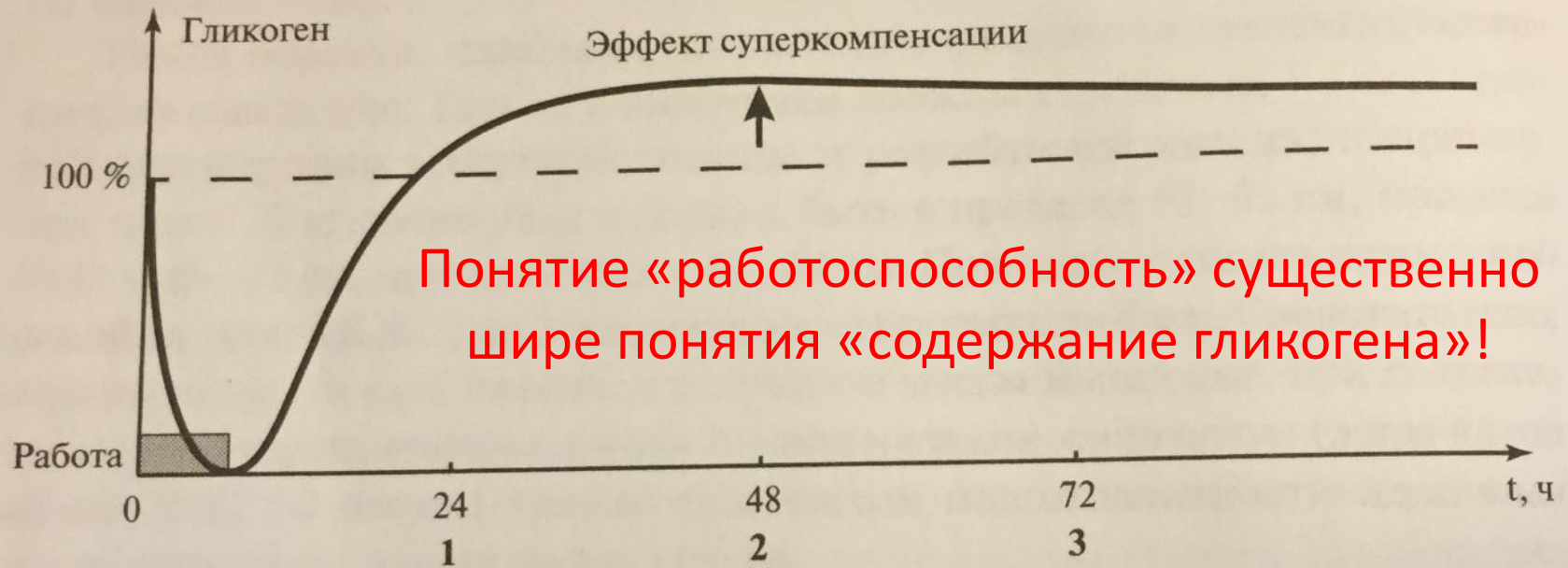
# ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СИЛОВОЙ И АЭРОБНОЙ ТРЕНИРОВКИ ПРИ КОНКУРЕНТНОМ ТРЕНИНГЕ: МЕТА-АНАЛИЗ 2017

Силовая тренировка,  
выполняемая до тренировки  
на выносливость в  
параллельной тренировке,  
кажется, более полезна для  
силовой адаптации низа тела,  
в то время как на улучшение  
аэробных возможностей  
порядок упражнений не  
влияет.



# ПЛАНИРОВАНИЕ

# ПЛАНИРОВАНИЕ

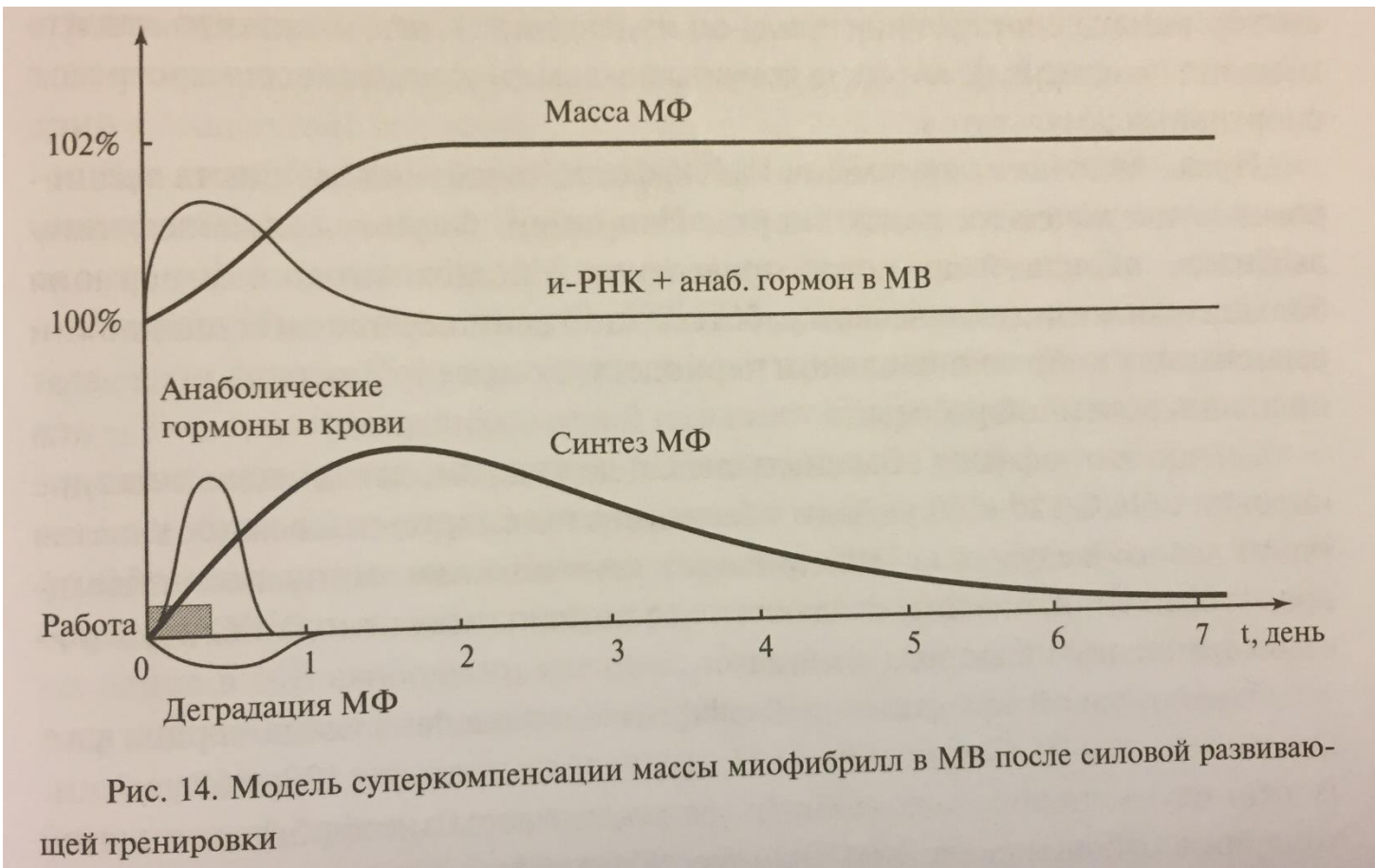


Понятие «работоспособность» существенно шире понятия «содержание гликогена»!

Рис. 13. Изменение концентрации гликогена в мышцах у футболистов (Jacobs и др., 1983) и у крыс после 5-6 часов плавания (Янанис, Фролькис)

Работоспособность (мощность) – количество работы, выработанное в единицу времени, - зависит от уровня потребления кислорода на АНП и возможности мышц работать в долг, т.е. от массы ГМВ. Лимитирующим звеном становится производительность ССС, когда ПК на АНП составляет 90-100% МПК.

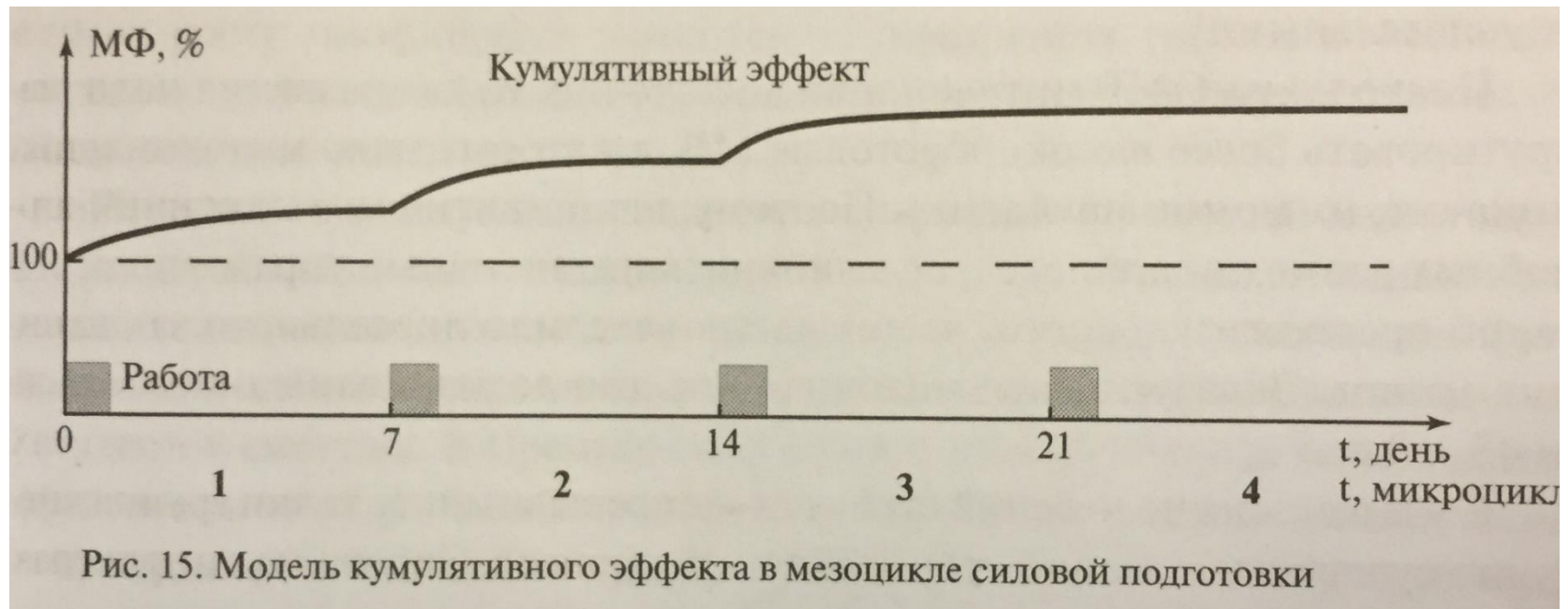
# ГЕТЕРОХРОННОСТЬ СУПЕРКОМПЕНСАЦИИ



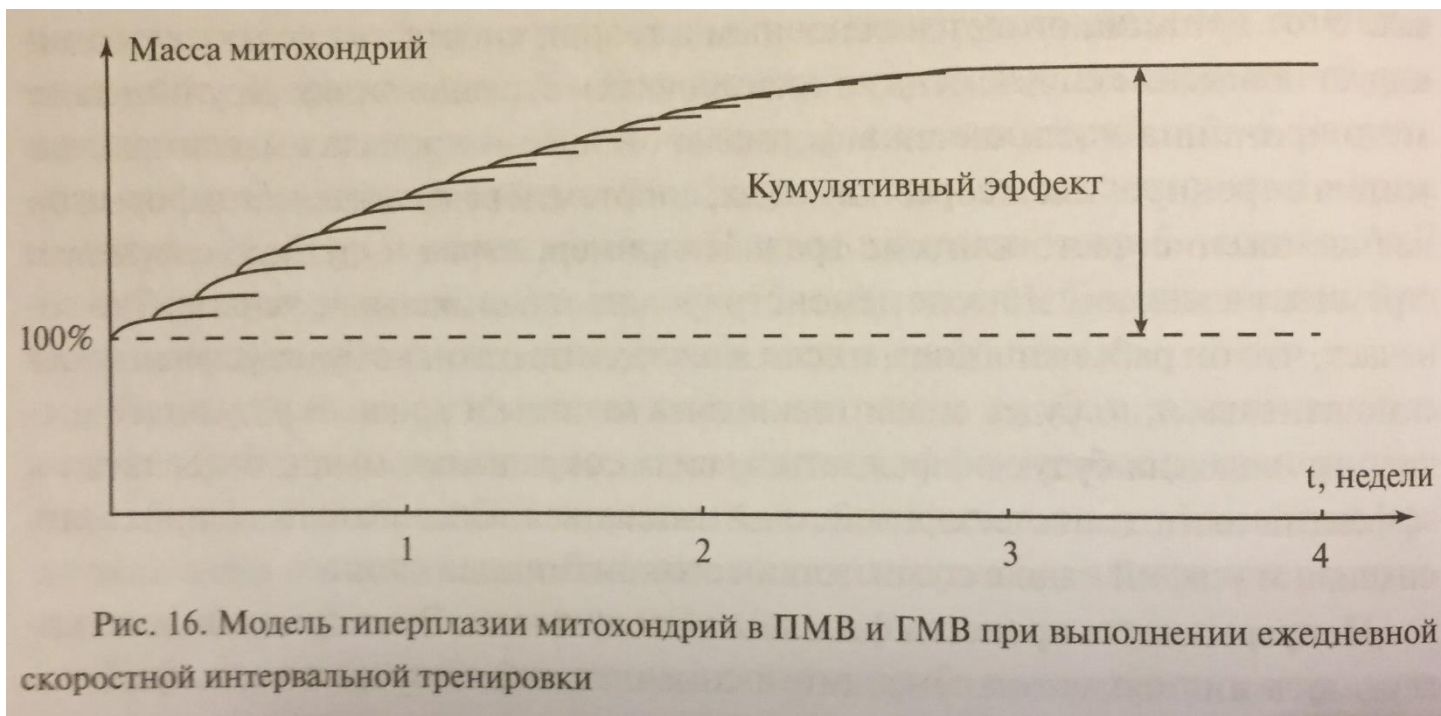
ПК на АнП зависит от массы миофибрилл и митохондрий в ОМВ. Строительство миофибрилл продолжается 7-15 дней, митохондрий – 10-20 дней, поэтому суперкомпенсация происходит не на второй день, как у гликогена.

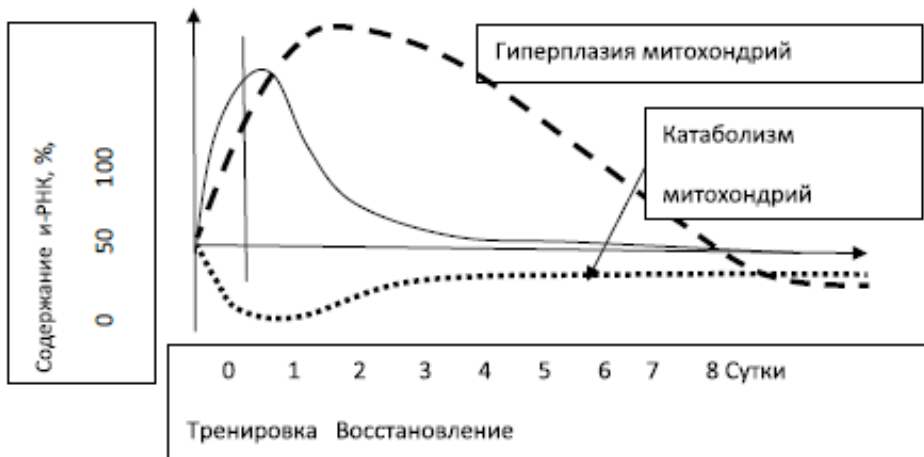
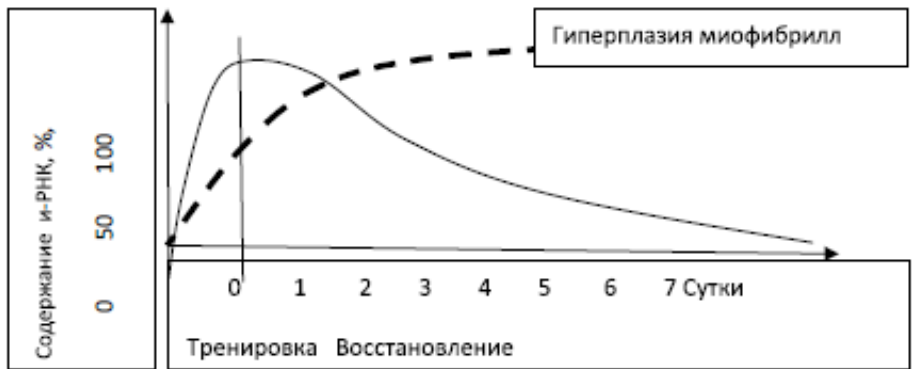
# КУМУЛЯТИВНЫЙ ЭФФЕКТ

Этот эффект связывают с накоплением в организме спортсменов каких-то изменений, которые должны создавать основание для прогресса спортивных результатов.



Масса МФ после развивающей тренировки растет 7-14 дней, поэтому в практике силовиков развивающие тренировки практикуются не чаще одного раза в неделю. Масса МХ растет в течение 20 дней, с такой же скоростью происходит их разрушение. Прирост МХ будет равен их разрушению, если тренироваться один раз в 20 дней. Если тренировки не будут вызывать чрезмерного закисления, то их можно выполнять много раз в день и каждый день.





*Рисунок 8.2 Изменение концентрации и-РНК (сплошная линия) и степени гиперплазии органелл (пунктирная линия при выполнении силовой и аэробной тренировок. Видно, что степень гиперплазии органелл может уменьшаться из-за процессов катаболизма (точечная линия) в мышечных волокнах*

Можно также отметить, что удержать заданный уровень гиперплазии миофибрилл можно даже с интервалом отдыха в 7-14 дней, тогда как поддержания заданной гиперплазии митохондрий требуется более частая (почти ежедневная) тренировка, а для гиперплазии клеток желез эндокринной системы – 4–5 дней (принцип гетерохронности).



# ПРИНЦИПЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ С УЧЕТОМ ПОЛОЖЕНИЙ СПОРТИВНОЙ АДАПТОЛОГИИ

- 1. Единство общей и специальной физической подготовки.** Не все задачи можно решить специальными средствами.
- 2. Принцип специфичности.** Единство проявления физических качеств на тренировках и соревнованиях.
- 3. Направленность к максимальному проявлению физических качеств.** Работа с предельной интенсивностью, но в рамках законов адаптации.
- 4. Непрерывность физической подготовки.** Кумулятивный эффект.
- 5. Вариативное изменение тренировочных нагрузок.**  
Вспомогательные упражнения. Развивающие и тонизирующие тренировки.
- 6. Разумная индивидуализация средств и методов.** Тестирование.
- 7. Цикличность процесса физической подготовки.** Гетерохронность адаптационных процессов.
- 8. Принцип минимизации гликолитических нагрузок.** Раннее наступление утомления в следствие увеличения мощности гликолиза.
- 9. Принцип экономии гормонов.** Общий адаптационный синдром Селье.

Effects of Tapering on Performance:  
A Meta-AnalysisLAURENT BOSQUET<sup>1,2</sup>, JONATHAN MONTPETIT<sup>1</sup>, DENIS ARVISAIS<sup>1</sup>, and IÑIGO MUJICA<sup>3,4</sup><sup>1</sup>Department of Kinesiology, University of Montreal, Montreal, CANADA; <sup>2</sup>Faculty of Sport Sciences, University of Lille, Ronchin, FRANCE; <sup>3</sup>Department of Research and Development, Athletic Club Bilbao, Lezama, SPAIN; and <sup>4</sup>Department of Physiology, Faculty of Medicine and Odontology, University of the Basque Country, Alava, SPAIN

## ABSTRACT

BOSQUET, L., J. MONTPETIT, D. ARVISAIS, and I. MUJICA. Effects of Tapering on Performance: A Meta-Analysis. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 39, No. 8, pp. 1358–1365, 2007. **Purpose:** The purpose of this investigation was to assess the effects of alterations in taper components on performance in competitive athletes, through a meta-analysis. **Methods:** Six databases were searched using relevant terms and strategies. Criteria for study inclusion were that participants must be competitive athletes, a tapering intervention must be employed providing details about the procedures used to decrease the training load, use of actual competition or field-based criterion performance, and inclusion of all necessary data to calculate effect sizes. Databases reported in more than one published study were only included once in the present analysis. Twenty-seven of 182 potential studies met these criteria and were included in the analysis. The dependent variable was performance, and the independent variables were the decrease in training intensity, volume, and frequency, as well as the pattern of the taper and its duration. Pre-post taper standardized mean differences in performance were calculated and weighted according to the within-group heterogeneity to develop an overall effect. **Results:** The optimal strategy to optimize performance is a tapering intervention of 2-wk duration (overall effect =  $0.59 \pm 0.33$ ,  $P < 0.001$ ), where the training volume is exponentially decreased by 41–60% (overall effect =  $0.72 \pm 0.36$ ,  $P < 0.001$ ), without any modification of either training intensity (overall effect =  $0.33 \pm 0.14$ ,  $P < 0.001$ ) or frequency (overall effect =  $0.35 \pm 0.17$ ,  $P < 0.001$ ). **Conclusion:** A 2-wk taper during which training volume is exponentially reduced by 41–60% seems to be the most efficient strategy to maximize performance gains. This meta-analysis provides a framework that can be useful for athletes, coaches, and sport scientists to optimize their tapering strategy.

**Key Words:** TRAINING INTENSITY, TRAINING VOLUME, TRAINING FREQUENCY, PERIODIZATION

The taper is a reduction in the training load of athletes in the final days before important competition, with the aim of optimizing performance. This reduction of the training load can be achieved through the alteration of several components, including the training volume, intensity, and frequency (7,2), as well as the pattern of the taper (i.e., progressive or step taper) and its duration (25,28,39,46). The taper is widely used by athletes participating in a wide range of sports differing in their biomechanical and physiological demands to gain a performance edge over competitors. In fact, significant improvements have been reported after tapering for

runners (29), swimmers (48), cyclists (51), rowers (32), and triathletes (34).

The difficulty for athletes, coaches, and sports scientists consists in finding the strategy that will maximize the decrease in accumulated fatigue while retaining or further enhancing physical fitness, thus leading to peak performance. Many strategies to decrease the training load have been reported in the tapering literature, most of them leading to an improvement in performance and/or its physiological correlates (25,28,39,49,55). Some studies have suggested that the reduction in training volume should be substantial, somewhere near 85% of normal training volume (28), whereas others have reported similar improvements in performance after a 31% reduction (3). This decrease in training volume is generally obtained through the decrease in the duration of each training session (3,42,52). However, some studies prefer to manipulate the training frequency (i.e., the number of training sessions per week) to decrease weekly training volume (8,31,35). The duration of taper is also open to wide variations in the literature. Although most studies have used a 2-wk taper (3,30,31,34), significant improvements in performance also have been reported for very short (<7 d) (52) or very long tapers (>28 d) (40).

Address for correspondence: Laurent Bosquet, Ph.D., Department of Kinesiology, University of Montreal, CP 6128, succ. Centre-ville, Montreal (Qc) Canada H3C 3J7; E-mail: laur.embosquet@umontreal.ca

Submitted for publication June 2006.  
Accepted for publication March 2007.

0195-9131/07/3908-1358/0

MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE  
Copyright © 2007 by the American College of Sports Medicine

DOI: 10.1249/mss.0b013e31806010af

# ВЛИЯНИЕ ПОДВОДКИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ: МЕТА АНАЛИЗ 2007

TABLE 1. Effects of moderator variables on overall effect size for taper-induced changes in performance.

Categories	Overall Effect Size:			
	Mean (95% CI)	<i>N</i>	<i>P</i>	
Снижение объема	Decrease in training volume			
	≤ 20%	-0.02 (-0.32, 0.27)	152	0.88
	21-40%	0.27 (0.04, 0.49)	90	0.02
	41-60%	0.72 (0.36, 1.09)	118	0.0001
Снижение интенсивности	≥ 60%	0.27 (-0.03, 0.57)	118	0.07
	Decrease in training intensity			
	Yes	-0.02 (-0.37, 0.33)	63	0.91
	No	0.33 (0.19, 0.47)	415	0.0001
Снижение частоты	Decrease in training frequency			
	Yes	0.24 (-0.03, 0.52)	176	0.08
	No	0.35 (0.18, 0.51)	302	0.0001
Длительность подводки	Duration of the taper			
	≤ 7 d	0.17 (-0.05, 0.38)	164	0.14
	8-14 d	0.59 (0.26, 0.92)	176	0.0005
	15-21 d	0.28 (-0.02, 0.59)	84	0.07
	≥ 22 d	0.31 (-0.14, 0.75)	54	0.18
Тип подводки	Pattern of the taper			
	Step taper	0.42 (-0.11, 0.95)	98	0.12
	Progressive taper	0.30 (0.16, 0.45)	380	0.0001

# ВЛИЯНИЕ ПОДВОДКИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ: МЕТА АНАЛИЗ 2007

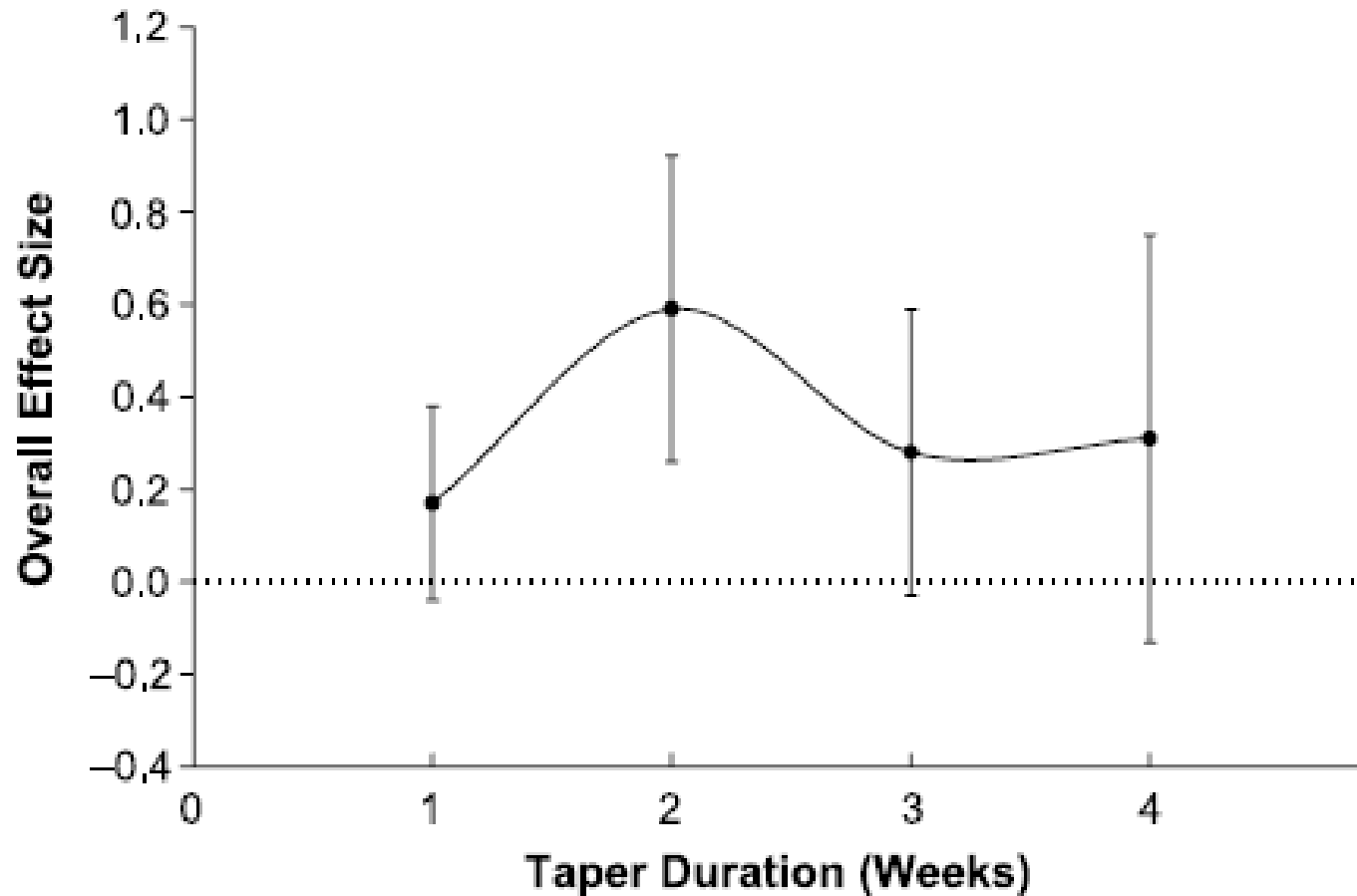
## ЭФФЕКТЫ ПО ВИДАМ СПОРТА

TABLE 2. Effects of moderator variables on effect size for taper-induced changes in swimming, running, and cycling performance.

Categories	Swimming		Running		Cycling	
	Mean (95% CI)	<i>N</i>	Mean (95% CI)	<i>N</i>	Mean (95% CI)	<i>N</i>
Decrease in training volume						
≤ 20%	-0.04 (-0.36, 0.29)	72	No data available		0.03 (-0.62, 0.69)	18
21–40%	0.18 (-0.11, 0.47)	91	0.47 (-0.05, 1.00)‡	30	0.84 (-0.05, 1.74)‡	11
41–60%	0.81 (0.42, 1.20)*	70	0.23 (-0.52, 0.98)	14	2.14 (-1.33, 5.62)	15
≥ 60%	0.03 (-0.66, 0.73)	16	0.21 (-0.14, 0.56)	66	0.56 (-0.24, 1.35)	36
Decrease in training intensity						
Yes	0.08 (-0.34, 0.49)	45	-0.72 (-1.63, 0.19)	10	0.25 (-0.73, 1.24)	8
No	0.28 (0.08, 0.47)*	204	0.37 (0.09, 0.66)*	100	0.68 (0.09, 1.27)†	72
Decrease in training frequency						
Yes	0.35 (-0.36, 1.05)	54	0.16 (-0.17, 0.49)	74	0.95 (-0.48, 2.38)	25
No	0.30 (0.10, 0.50)*	195	0.53 (0.05, 1.01)†	36	0.55 (-0.05, 1.15)‡	55
Duration of the taper						
≤ 7 d	-0.03 (-0.41, 0.35)	54	0.31 (-0.08, 0.70)	52	0.29 (-0.12, 0.70)	47
8–14 d	0.45 (-0.01, 0.90)‡	84	0.58 (0.12, 1.05)*	38	1.59 (-0.01, 3.19)†	33
15–21 d	0.33 (0.00, 0.65)†	75	-0.08 (-0.95, 0.80)	10	No data available	
≥ 22 d	0.39 (-0.08, 0.86)	36	-0.72 (-1.63, 0.19)	10	No data available	
Pattern of the taper						
Step taper	0.10 (-0.65, 0.85)	14	-0.09 (-0.56, 0.38)	36	2.16 (-0.15, 4.47)	25
Progressive taper	0.27 (0.08, 0.45)*	235	0.46 (0.13, 0.80)*	74	0.28 (-0.10, 0.66)‡	55

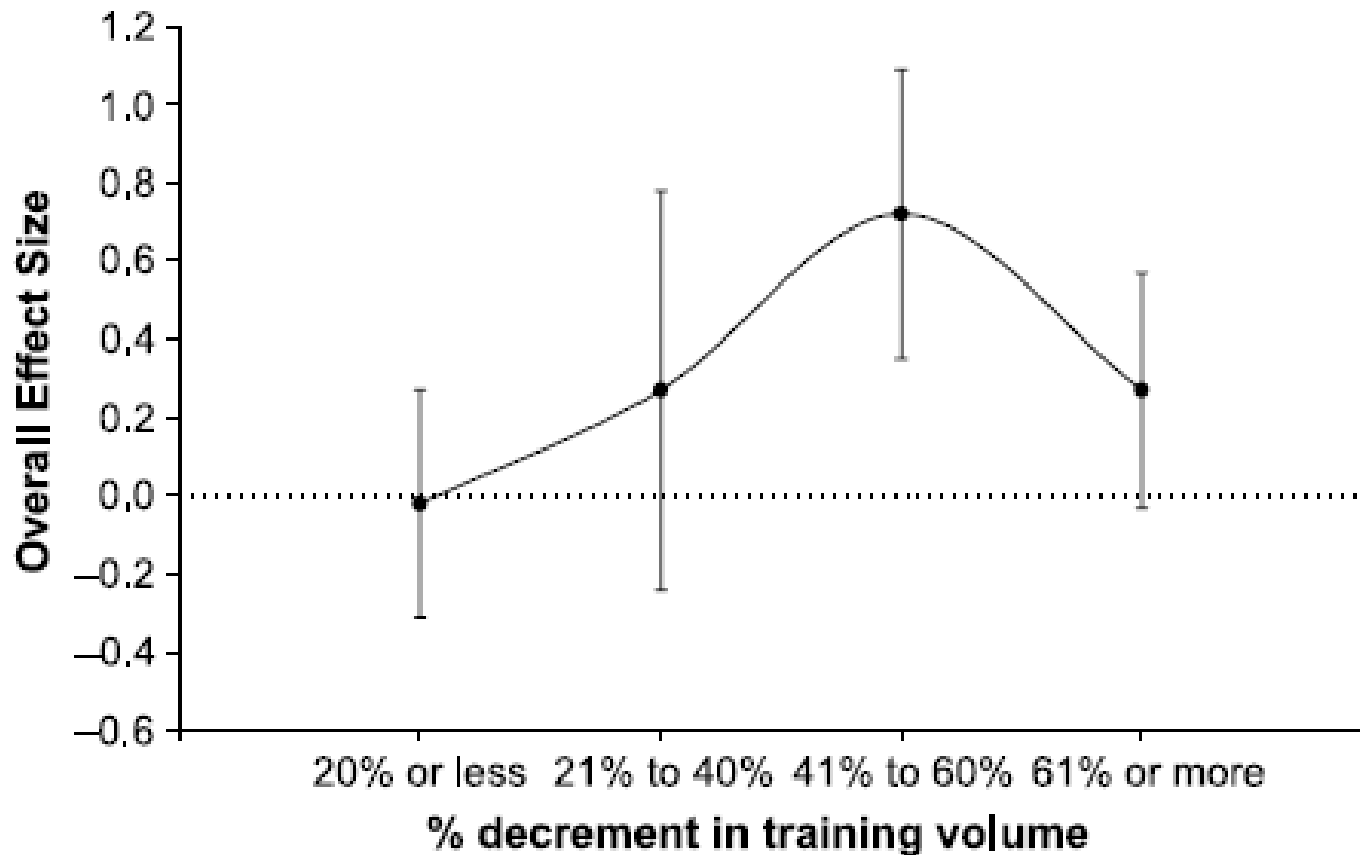
\*  $P \leq 0.01$ ; †  $P \leq 0.05$ ; ‡  $P \leq 0.10$ .

## ДОЗА – ЭФФЕКТ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПОДВОДКИ И УВЕЛИЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ



**FIGURE 1—Dose–response curve for the effect of taper duration on performance.**

# ДОЗА – ЭФФЕКТ СНИЖЕНИЕ ОБЪЕМА И УВЕЛИЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ





**FIGURE 2—Dose–response curve for the effect of percent decrement in training volume during taper on performance.**



# Block periodization of endurance training – a systematic review and meta-analysis

This article was published in the following Dove Press journal:  
Open Access Journal of Sports Medicine

Knut Sindre Mølmen \*  
Sjur Johansen Øfsteng \*  
Bent R. Rønnestad

Section for Health and Exercise  
Physiology, Inland Norway University of  
Applied Sciences, Lillehammer, Norway

\*These authors contributed equally to  
this work

**Background:** Block periodization (BP) has been proposed as an alternative to traditional (TRAD) organization of the annual training plan for endurance athletes.

**Objective:** To our knowledge, this is the first meta-analysis to evaluate the effect BP of endurance training on endurance performance and factors determinative for endurance performance in trained- to well-trained athletes.

**Methods:** The PubMed, SPORTdiscuss and Web of Science databases were searched from inception to August 2019. Studies were included if the following criteria were met: 1) the study examined a block-periodized endurance training intervention; 2) the study had a one-, two or multiple group-, crossover- or case-study design; 3) the study assessed at least one key endurance variable before and after the intervention period. A total of 2905 studies were screened, where 20 records met the eligibility criteria. Methodological quality for each study was assessed using the PEDro scale. Six studies were pooled to perform meta-analysis for maximal oxygen uptake ( $\dot{V}O_{2max}$ ) and maximal power output ( $W_{max}$ ) during an incremental exercise test to exhaustion. Due to a lower number of studies and heterogeneous measurements, other performance measures were systematically reviewed.

**Results:** The meta-analyses revealed small favorable effects for BP compared to TRAD regarding changes in  $\dot{V}O_{2max}$  (standardized mean difference, 0.40; 95% CI=0.02, 0.79) and  $W_{max}$  (standardized mean difference, 0.28; 95% CI=0.01, 0.54). For changes in endurance performance and workload at different exercise thresholds BP generally revealed moderate- to large-effect sizes compared to TRAD.

**Conclusion:** BP is an adequate, alternative training strategy to TRAD as evidenced by superior training effects on  $\dot{V}O_{2max}$  and  $W_{max}$  in athletes. The reviewed studies show promising effects for BP of endurance training; however, these results must be considered with some caution due to small studies with generally low methodological quality (mean PEDro score =3.7/10).

**Keywords:** block training, traditional training, high-intensity training

## Introduction

Historically, the block periodization (BP) training approach appeared for the first time in the early 1980s and has since then been popular and widely used among high-performance coaches.<sup>1</sup> BP was at that time and even today, an alternative to traditional periodization (TRAD). TRAD is simultaneously developing different training abilities throughout the annual training season, where BP has highly concentrated training blocks targeting and developing selected abilities in sequences of 1–4 weeks.<sup>1,2</sup> The BP approach was conceptualized to overcome the suggested limitations of TRAD, which has been criticized for conflicting physiological responses to multi-targeted training, resulting in 1) excessive fatigue, 2)

# БЛОКОВАЯ И ВЫНОСЛИВОСТЬ: МЕТА АНАЛИЗ 2019


Блоковая периодизация является адекватной альтернативой традиционной. Рассмотренные исследования показывают многообещающие эффекты БП для тренировок выносливости. Однако эти результаты должны быть рассмотрены с некоторой осторожностью из-за небольшого количества исследований, которые, как правило, низкого методологического качества (средняя оценка PEDro = 3,7 / 10).

Correspondence: Sjur Johansen Øfsteng  
Section for Health and Exercise  
Physiology, Inland Norway University of  
Applied Sciences, Postboks 400, Elverum  
2418, Norway  
Email: sjur.johansen.ofsteng@inn.no

Submit your manuscript | [www.dovepress.com/](https://www.dovepress.com/)  
Dovepress |      
https://doi.org/10.21956/2019.10.145-160

Open Access Journal of Sports Medicine 2019:10 145–160

145

 © 2019 Mølmen et al. This work is published and licensed by Dove Medical Press Limited. The full terms of this license are available at <http://www.dovepress.com/terms-and-conditions> and apply to any work you publish with us. Unauthorized use of this article is prohibited. For any work you publish with us, you will need to obtain permission from Dove Medical Press Limited, permission is granted for non-commercial use of the work in a printed or online format, provided that you credit the author(s) and the work, place our copyright (©) and ICMJE logo (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) on the work.

# ОСНОВНЫЕ ПРЕТЕНЗИИ К ТРАДИЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПЕРИОДИЗАЦИИ

1. Энергообеспечение: Отсутствие достаточной энергии для одновременного выполнения разнообразных рабочих нагрузок;
2. Клеточная адаптация: Тренировочные адаптации, такие как митохондриальный биогенез, синтез белков миофибрилл и синтез анаэробных ферментов предполагают отдельные пути биологических сигналов;
3. Восстановление после тренировки: Поскольку разные физиологические системы требуют разных периодов восстановления, спортсмены могут не получать достаточного восстановления;
4. Совместимость различных нагрузок: Упражнения, сочетающие различные модальности, часто взаимодействуют негативно из-за дефицита энергии, технической сложности и / или нервно-мышечной усталости;
5. Умственная концентрация: Выполнение напряженных нагрузок требует высокого уровня умственной концентрации, которая не может быть направлена на много целей одновременно;
6. Достаточность тренировочных стимулов для прогресса: прогресс спортсменов высокого уровня требует большого количества тренировочных стимулов, которые нельзя получить одновременной тренировкой для многих целей;
7. Соревновательная деятельность: Невозможность обеспечить многопиковую подготовку и успешные выступления в течение всего годового цикла.

# ОСТАТОЧНЫЙ ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ЭФФЕКТ

**Table III.** Factors affecting the duration of short-term training residuals<sup>[37,88,92,93]</sup>

Factor	Influence
1. Duration of training before cessation	Longer training causes longer residuals
2. Load concentration level of training before cessation	Highly concentrated training compared with complex multi-component training causes shorter residuals
3. Age and duration of sport career of athletes	Older and more experienced athletes have longer residuals
4. Character of preparation after cessation of concentrated training	Use of appropriate stimulatory loads allows prolonged residuals and prevents fast de-training
5. Biological nature of developing abilities	Abilities associated with pronounced morphological and biochemical changes like muscle strength and aerobic endurance have longer residuals; anaerobic alactic and glycolitic abilities have shorter residuals

1. Продолжительность тренировки до прекращения: Более длительная тренировка приводит к более длительным остаточным эффектам;
2. Концентрация нагрузки перед прекращением тренировки: Высококонцентрированная тренировка по сравнению со сложными многокомпонентными моделями оставляет больший эффект;
3. Возраст и продолжительность спортивной карьеры спортсменов: У более опытных спортсменов больше остаточный эффект;
4. Характер подготовки после прекращения концентрированной тренировки: Использование соответствующих стимулирующих нагрузок позволяет продлить остаточный эффект и предотвратить негатив снятия нагрузки;
5. Биологическая природа развития способностей: Способности, связанные с выраженными морфологическими и биохимическими изменениями, такими как мышечная сила и аэробная выносливость имеют более длительный остаточный эффект по сравнению с ферментативными и энергетическими изменениями.

# ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ БЛОКОВОЙ ПЕРИОДИЗАЦИИ

**Table IV.** Basic principles of block periodization training<sup>[94,95]</sup>

Basic principles	Comments
High concentration of training workloads	Provides sufficient training stimulation for high-performance athletes
Minimal number of target abilities within a single block	Necessary to provide highly concentrated training stimulation
Consecutive development of many abilities	Usually the number of decisive abilities exceeds the number of abilities developed within a single block
Compilation and use of specialized mesocycle blocks	Specialized mesocycle blocks – i.e. accumulation, transmutation and realization – form the content of block periodization training

1. Высокая концентрация тренировочных нагрузок: Обеспечивает достаточную тренировочную стимуляцию для высококлассных спортсменов.
2. Минимальное количество целевых способностей в пределах одного блока: Необходимо обеспечить высококонцентрированное обучение для стимуляции
3. Последовательное развитие многих способностей: Обычно количество необходимых способностей превышает количество способностей, развиваемых в одном блоке;
4. Составление специализированных мезоциклов - т.е. накопление, трансмутация и реализация - формируют содержание блоковой периодизации.

# БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЛОКОВОЙ ПЕРИОДИЗАЦИИ

## Biological Background of BP Training

---

**Table 1** Biological background related to the essence of appropriate blocks mesocycles

Type of training	Biological background	Application to BP system	References
Voluminous extensive workloads directed at developing basic athletic abilities	Homeostatic regulation	Accumulation block	[4, 5]
Intense workloads directed at developing sport-specific athletic abilities	Stress adaptation	Transmutation block	[7, 8]
Sequencing of exercises directed at full recovery and simulation of targeted competitive activities	Law of supercompensation	Realization block	[11, 12]

---

## *BP* block periodization

Обширные объемные нагрузки, направленные на развитие основных спортивных способностей: гомеостатическое регулирование - накопительный блок.

Интенсивные нагрузки, направленные на развитие спортивных специфических способностей: стресс-адаптация - блок трансмутации.

Последовательность упражнений, направленных на полное восстановление и проведение целевой соревновательной деятельности – реализационный блок.



# Block periodization training of endurance athletes: A theoretical approach based on molecular biology

Georgios Goutianos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Physical Education and Sports Sciences, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece.

## Abstract

Competitive endurance athletes are constantly looking for ways to maximize training adaptations and to push their performance to the limit. A fundamental feature of their training is the subdivision of the annual training plan into shorter periods (periodization of training). Block periodization has been proposed as an alternative training organization that could be incorporated into the annual training plan. Despite the plethora of studies investigating exercise induced adaptation in response to differing intensities of endurance exercise and following various feeding strategies, only a limited number of studies have examined the effect of different BP programs on adaption and performance in endurance exercise. Although these studies found increased adaptations in response to BP compared to traditional organisation models they do not currently provide an insight into the underpinning mechanisms. This review presents the current advances in the molecular biology underpinning adaptation to exercise and how this evidence may be used to understand BP training and therefore provides future recommendations into annual training organization. This approach involves discussion of several issues related to BP: A discussion on whether monotony of training blunts molecular responses to exercise, if periodization of training alters myocellular responses to endurance training and finally the addition of strength training to BP. The author also discusses new research findings supporting the existence of skeletal muscle 'memory' and compares this evidence to findings that highlight the importance of maintenance sessions and/or manipulation strategies of muscle glycogen concentration during BP training. Finally, based on the current evidence, the author recommends strategies to maximize adaptation to training in response to BP in competitive endurance athletes.

Citation: Goutianos, G (2016). Block periodization training of endurance athletes: A theoretical approach based on molecular biology. 4(2): e9. DOI: 10.7457/cmep.v4i2.e9

Editor: Adam P. Sharples PhD.

Received: May 5, 2016; Revised: Jun 21, 2016; Accepted: Jul 15, 2016; Published: Aug 2, 2016.

Copyright: © 2016 Goutianos, G. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and work are properly cited.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

\* E-mail: [georgios@ceded-er.uoi.gr](mailto:georgios@ceded-er.uoi.gr) / [georgiosgoutianos@yahoo.gr](mailto:georgiosgoutianos@yahoo.gr)

Current address: Department of Physical Education and Sports Sciences at Serres, Aristotle University of Thessaloniki, Agios Ioannis, 62110 Serres, Greece.

## Introduction

Coaching scientists have evolved a number of training theories based predominantly on years of experience of working with various levels of athletes and perhaps to a lesser degree on empirical research literature. A key component of training theory is periodization. The term periodization of training is used to denote the subdivision of the annual training period into shorter periods/training cycles (Issurin, 2010). The block periodization (BP) model was conceptualized in order to overcome limitations of traditional training models (Issurin, 2010). In contrast to, "the simultaneous development of many targeted abilities" of traditional models (Issurin, 2010), the block periodization approach proposed cycles of highly concentrated specialized workloads targeting specific abilities (Issurin, 2010). In that way block periodization was designed to overcome possible incompatibilities between divergent exercise training programs. Recently, several studies examined the efficacy of BP versus traditional organized training in endurance athletes and reported enhanced training adaptations with BP (i.e. higher improvement in maximal oxygen uptake,  $\dot{V}O_2$  max). Although, periodization constitutes the cornerstone of the planning and training process, a molecular justification is lacking. Thus, the purpose of the present review is to critically discuss block periodization training organization for endurance athletes (including strength training) in the context of the emerging molecular literature underpinning adaptation to exercise, and not to compare BP with traditional

models. However, as molecular data is not always available with respect to block periodization, some issues are approached theoretically and molecular findings are used to formulate hypotheses and to provide practical recommendations that could be used within BP programs. Furthermore, several studies have examined issues related to block periodization training (i.e. molecular responses to concurrent strength and endurance training) and their findings are critically discussed and used to formulate an integrative approach to block periodization training for endurance sports. If there is limited information at the molecular level in athletes, data from animal and alternative human models (untrained participants) are used only when this may provide a reflection of the potential impact this may have on athletes. As the present review attempts to unite applied sport performance with molecular exercise physiology, this could therefore be of interest to both molecular exercise physiologists and coaching scientists. Table 1 includes the basic coaching science terminology to facilitate readers who are unfamiliar with this type of specific terminology.

## Block periodization of endurance training

The last few years a number of studies have segregated high and low intensity training (HIT and LIT respectively) by using training blocks that included mainly HIT or LIT and compared

# БЛОКОВАЯ ПЕРИОДИЗАЦИЯ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ 2016

Goutianos, G (2016). Block periodization training of endurance athletes: A theoretical approach based on molecular biology. 4(2): e9.



## Практические рекомендации

Исследования в области блоковой периодизации все еще находятся в зачаточном состоянии. В настоящее время неизвестно, благоприятные адаптации к тренировкам по схеме БП являются заслугой метода или просто нового тренировочного стимула. (То есть БП как альтернатива, но не как более эффективная замена).

Предлагаются следующие практические рекомендации по БП:

1. Rønnestad et al. (2012a, 2012b, 2015b) использовали 1-недельные блоки НТ. Эта продолжительность кажется эффективной; однако, блоки НТ с большей продолжительностью также могут быть допустимыми.
2. Добавление силовых тренировок к блокам НТ может оказать негативное влияние на качество НТ и не рекомендуется. По этой причине силовые тренировки могут выполняться во время блоков ЛТ. Интервал отдыха может составлять > 3 часа, когда для достижения идеального соотношения силы и веса требуется небольшое увеличение гипертрофии или очень короткое (т. е. 5-15 минут, чтобы совпадать с высокими уровнями АМРК), когда целью тренировки является поддержание мышц. Еженедельная силовая тренировка может использоваться во время блоков НТ для предотвращения потери адаптации.
3. Кажется, что снижение концентрации гликогена в мышцах может усилить адаптацию к тренировкам на выносливость. С другой стороны, это ограничивает качество НТ. В этом контексте правдоподобной рекомендацией является тренировка с нормальными уровнями гликогена во время блоков НТ и применение подхода с низким уровнем гликогена во время блоков ЛТ, но не всегда, чтобы избежать перетренированности. Хотя текущие данные не подтверждают усиление сигнальной роли сниженного уровня мышечного гликогена на мышечную гипертрофию, рекомендуется поесть перед тренировкой с отягощениями, чтобы избежать отрицательного энергетического статуса.

## Классификация циклических упражнений по признаку эффективности тренировочного процесса

Кривая зависимости «мощность – предельное время»



Рисунок 7.2 Схема определения зон мощности и эффективности физических упражнений. Зоны мощности определяются по опорным точкам – МАМ, МПК, WАнП, WАэП.

**КОНТРОЛЬ**

# ОЦЕНКА АЭРОБНОГО И АНАЭРОБНОГО ПОРОГОВ В ПЯТИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНИКАХ В СТУПЕНЧАТОМ ТЕСТЕ У ЛЫЖНИКОВ

10 лыжников элитного уровня (5 мужчин и 5 женщин).



FIGURE 1. Diagonal stride technique. This figure illustrates a half cycle in DS starting with a left arm poling phase (position 1-4) and right leg kick (position 3 and 4) leading into a glide phase (position 4 and 5) (Rusko 2003, 38).



FIGURE 2. Double pole technique. This figure illustrates a cycle of DP starting with a high hand position to initiate the poling phase (positions 1-5) followed by a recovery phase (positions 6 and 7)



FIGURE 3. Double pole kick technique. Positions 1-3 illustrate the kicking phase and positions 4-7 the poling phase (Rusko 2003, 44).

	Males (n=5)	Females (n=5)
Age (years)	23.4 ± 4.5	26.0 ± 3.9
Height (cm)	180.1 ± 3.2	166.6 ± 4.6
Body mass (kg)	72.2 ± 2.7	60.0 ± 3.8
Fat (%)	10.3 ± 1.5	19.4 ± 2.9

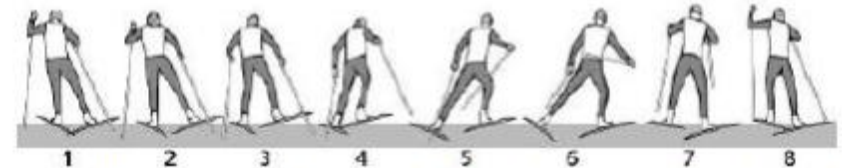


FIGURE 4. V1 skating technique. Positions 1-4 illustrate the skier poling with a left arm lead while skating on the left leg followed by a full weight transfer onto the right leg (positions 5-8) (Rusko 2003, 47).

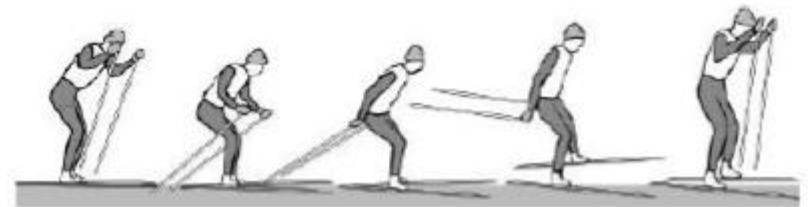
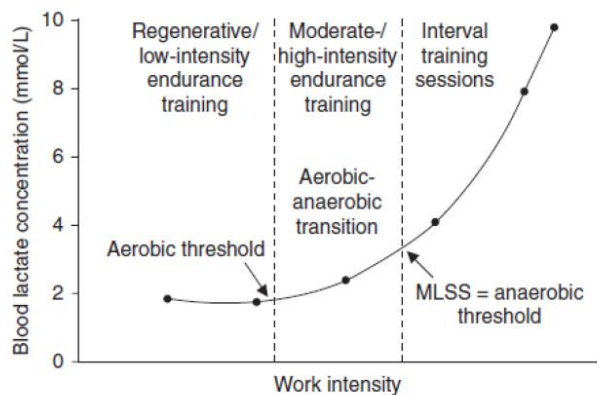


FIGURE 5. V2 skating technique. This figure illustrates the first half of the V2 cycle. Each skate stroke is accompanied by a double pole, and the arms require a quick return into a forward, and high position (Rusko 2003, 50).

# ОЦЕНКА АэП, АнП и МПК В ПЯТИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНИКАХ ЛЫЖНОГО ХОДА



## ASSESSMENT OF AEROBIC AND ANAEROBIC THRESHOLDS IN FIVE DIFFERENT TECHNIQUE SPECIFIC INCREMENTAL TREADMILL TESTS IN CROSS COUNTRY SKIERS

Kristen Elizabeth Monahan

FIGURE 7. A lactate-workload plot to derive endurance training intensities for different zones adopted from Faude et al. (2009).

## Максимальные значения 5-ти техник

		NW	DP	DS	V2	V1
Men	<b>bLa</b> (mmol·L <sup>-1</sup> )	12.12 ± 1.76	11.97 ± 2.23	10.63 ± 3.02	11.94 ± 2.84	10.57 ± 1.69
	<b>HR (bpm)</b>	193 ± 2	193 ± 5	194 ± 4	194 ± 5	192 ± 3
Women	<b>bLa</b> (mmol·L <sup>-1</sup> )	14.15 ± 2.03	9.85 ± 2.71	11.96 ± 1.73	11.67 ± 1.80	12.03 ± 3.23
	<b>HR (bpm)</b>	190 ± 12	186 ± 11	192 ± 8	190 ± 9	189 ± 9

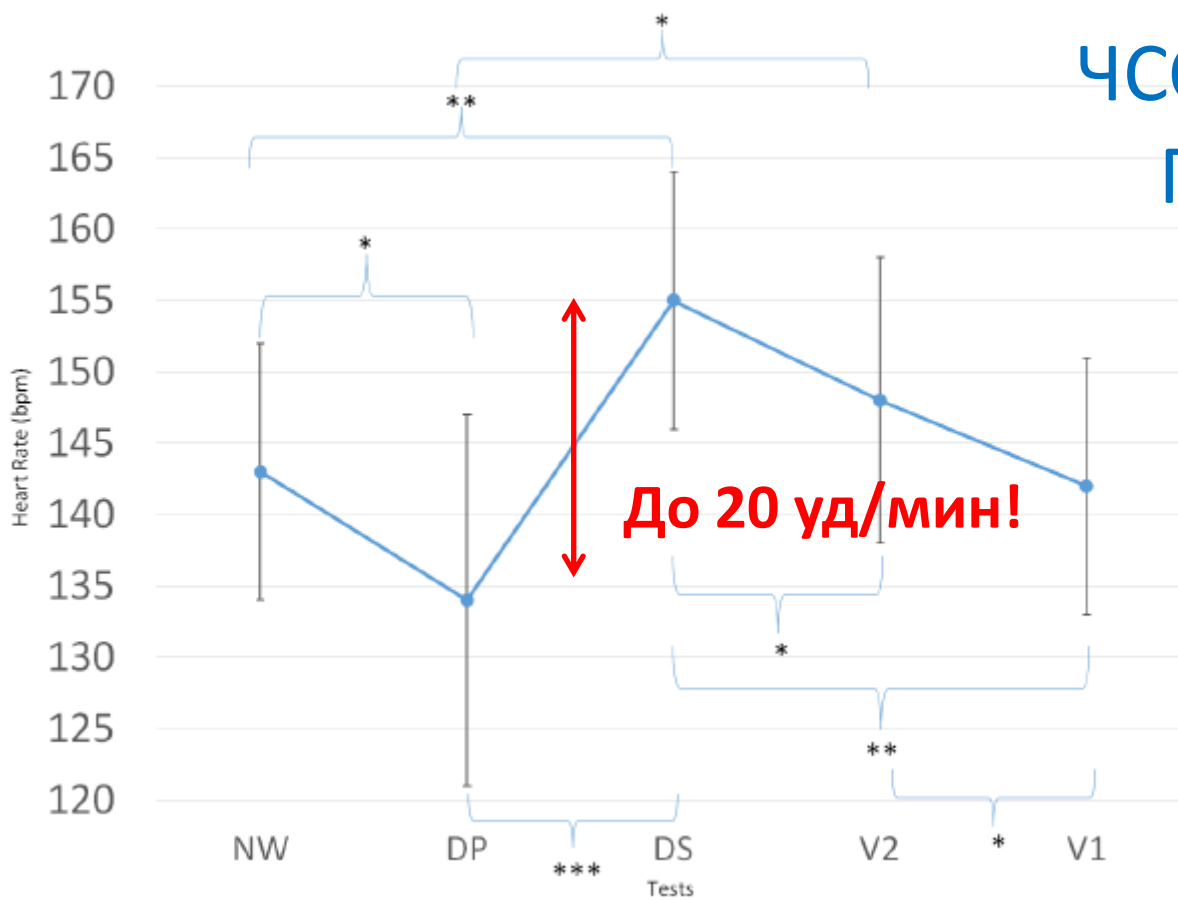
# ЛАКТАТ НА АЭРОБНОМ И АНАЭРОБНОМ ПОРОГЕ

		Men (n=5)	Women (n=5)			
NW	<b>Индивидуальный АэП</b>	1.39 ± 0.15	1.59 ± 0.08			
DP		1.51 ± 0.36	1.79 ± 0.32			
DS		1.41 ± 0.25	1.61 ± 0.28			
V2		1.50 ± 0.23	1.62 ± 0.23			
V1		1.28 ± 0.27	1.52 ± 0.19			
		Men (n=5)	Women (n=5)			
NW	<b>Индивидуальный АнП</b>	3.53 ± 0.39	4.07 ± 0.7			
DP		3.27 ± 0.87	3.43 ± 0.86			
DS		2.81 ± 0.45	3.85 ± 0.53			
V2		3.48 ± 0.40	4.27 ± 0.25			
V1		3.26 ± 0.36	3.68 ± 0.31			
		NW	DP	DS	V2	V1
<b>Средний</b>						
<b>bLa at AerT<sub>LA</sub> (mmol·L<sup>-1</sup>)</b>		1.49 ± 0.16	1.65 ± 0.35	1.51 ± 0.16	1.56 ± 0.23	1.40 ± 0.26
<b>bLa at AnT<sub>LA</sub> (mmol·L<sup>-1</sup>)</b>		3.80 ± 0.61	3.35 ± 0.82	3.33 ± 0.72	3.88 ± 0.52	3.47 ± 0.39



# ЧСС НА АЭРОБНОМ ПОРОГЕ В 5-ТИ ТЕХНИКАХ

*Средняя у всех*



**Men (n=5)**

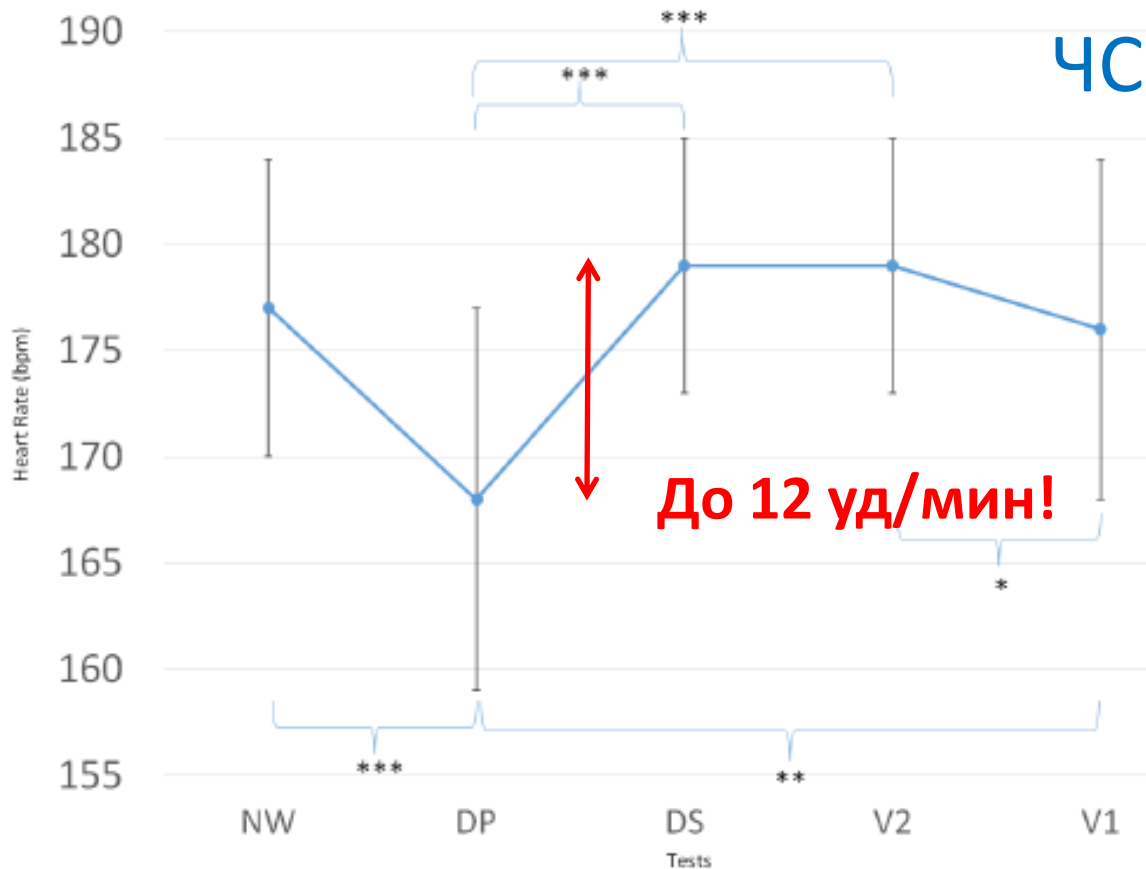
**Women (n=5)**

Test	Men (n=5)	Women (n=5)
NW	144 ± 13	141 ± 5
DP	137 ± 15	130 ± 11
DS	157 ± 11	153 ± 7
V2	147 ± 14	148 ± 6
V1	138 ± 9	146 ± 9

*Разбивка М/Ж*

# ЧСС НА АНАЭРОБНОМ ПОРОГЕ В 5-ТИ ТЕХНИКАХ

*Средняя у всех*



**До 12 уд/мин!**

**Men (n=5)**

**Women (n=5)**

Test	Men (n=5)	Women (n=5)
NW	177 ± 2	177 ± 10
DP	171 ± 6	164 ± 10
DS	179 ± 7	180 ± 6
V2	178 ± 5	180 ± 6
V1	175 ± 5	176 ± 10

**Разбивка М/Ж**

# ВЫВОДЫ

	Men (n=5)	Women (n=5)
NW	70.5 ± 1.7	58.7 ± 3.4
DP	70.2 ± 4.0	51.4 ± 3.8
DS <b>МПК, мл/кг/мин</b>	71.1 ± 1.5	58.8 ± 2.1
V2	69.9 ± 5.0	56.7 ± 2.2
V1	68.5 ± 3.8	58.4 ± 3.3

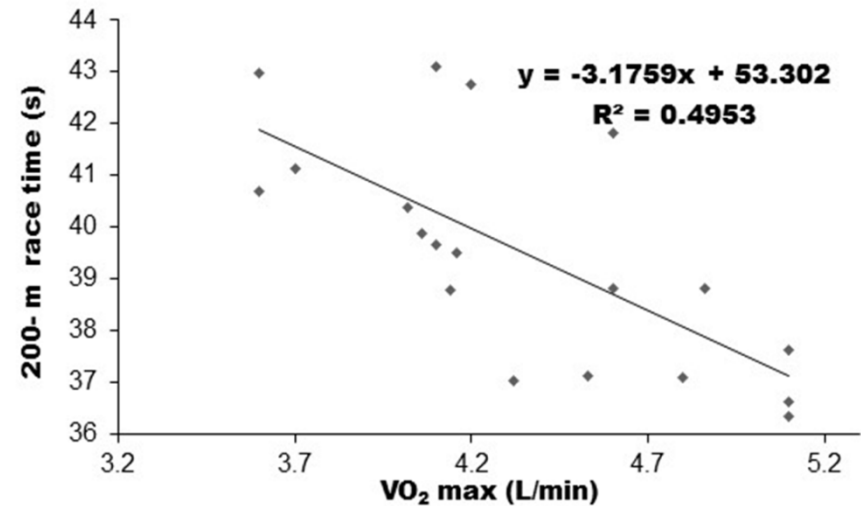
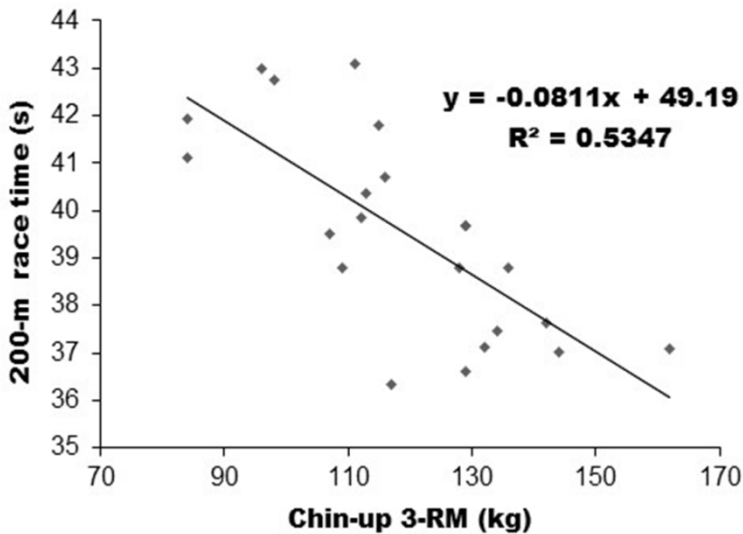
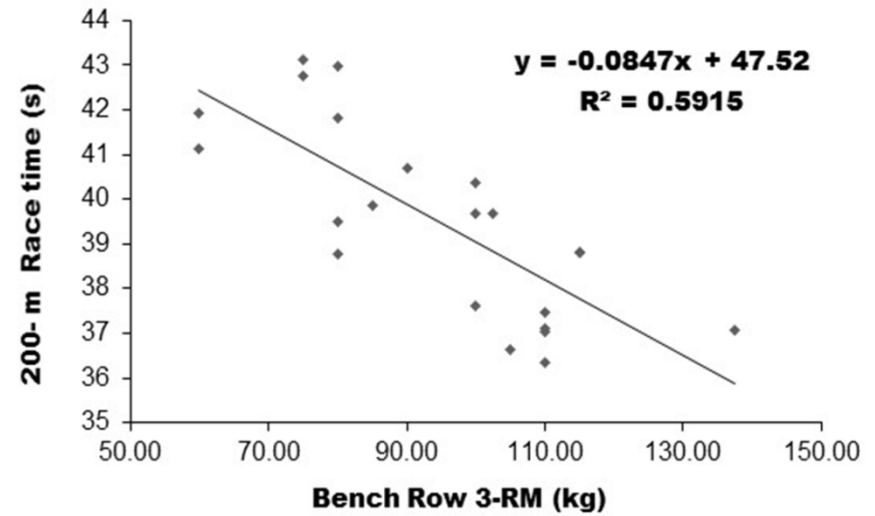
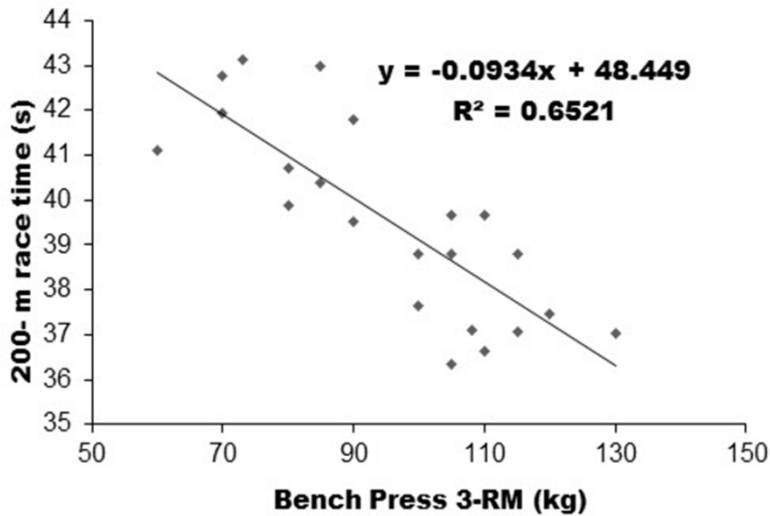
ЧСС на порогах часто определяют на беговой дорожке. Но в лыжах участвуют мышцы всего тела с упором на верх. Результаты исследования подтверждают необходимость специфического тестирования (даже в рамках одного вида спорта). Найдены большие различия в ЧСС на порогах в разных упражнениях. Из-за этого при рекомендациях следует соблюдать осторожность. Тестирование верхней части в лыжах очень важно. Существует сильная корреляция между  $\dot{V}O_{2\max}$  при работе руками и гоночными характеристиками. (Rusko 2003)

# Лабораторные детерминанты и скорость лыжника на дистанциях: 7446, 9601 и 5827 м

Коэффициенты корреляции между средней скоростью трех соревновательных дистанций и физиологическими показателями, определенными в тесте с возрастающей нагрузкой при работе на ручном эргометре SkiErg (Concept 2)

Физиологический показатель	r
Мощность на анаэробном пороге	0,47
Мощность на анаэробном пороге / масса тела	<b>0,74</b>
Потребление кислорода на анаэробном пороге	0,44
Потребление кислорода на анаэробном пороге / масса тела	0,68
Пиковое $\dot{V}O_{2max}$	0,47
Пиковое $\dot{V}O_{2max}$ / масса тела	0,69
Максимальная мощность	0,52
Максимальная мощность / масса тела	0,60
Отношение потребления кислорода на анаэробном пороге к $\dot{V}O_{2max}$	-0,30

# СИЛА И МПК ВЕРХА ТЕЛА И 200 метров СПРИНТ КАЯК



Pickett CW et.al. Maximal Upper-Body Strength and Oxygen Uptake Are Associated With Performance in High-Level 200-m Sprint Kayakers. J Strength Cond Res. 2018 Nov;32(11):3186-3192.

# ТЕСТИРОВАНИЕ КЛУБОВ КХЛ И МХЛ 2017/2018

## МХЛ

ЮНИОРЫ

	Сезон	АнП вт/кг	АнП мл/кг	ЧСС АнП	МПК Вт/кг	МПК мл/кг	ЧСС МПК
1 мин	2017	3	37,9	166	4	46,2	186
30 сек	2018	3,3	33,9	157	4.3	41,6	177

## КХЛ

ВЗРОСЛЫЕ

	Сезон	АнП вт/кг	АнП мл/кг	ЧСС АнП	МПК Вт/кг	МПК мл/кг	ЧСС МПК
1 мин	2017	3,2	38	160	4	45	175
30 сек	2018	3,3	34,6	143	4.5	42.6	162

\*НЕОПУБЛИКОВАННЫЕ ДАННЫЕ



# СТУПЕНЧАТЫЙ ТЕСТ С ГАНТЕЛЯМИ



Тест 1 руки на руле  
Тест 2 сгибания рук 1,8 кг (17Вт)  
Тест 3 сгибания рук 3 кг

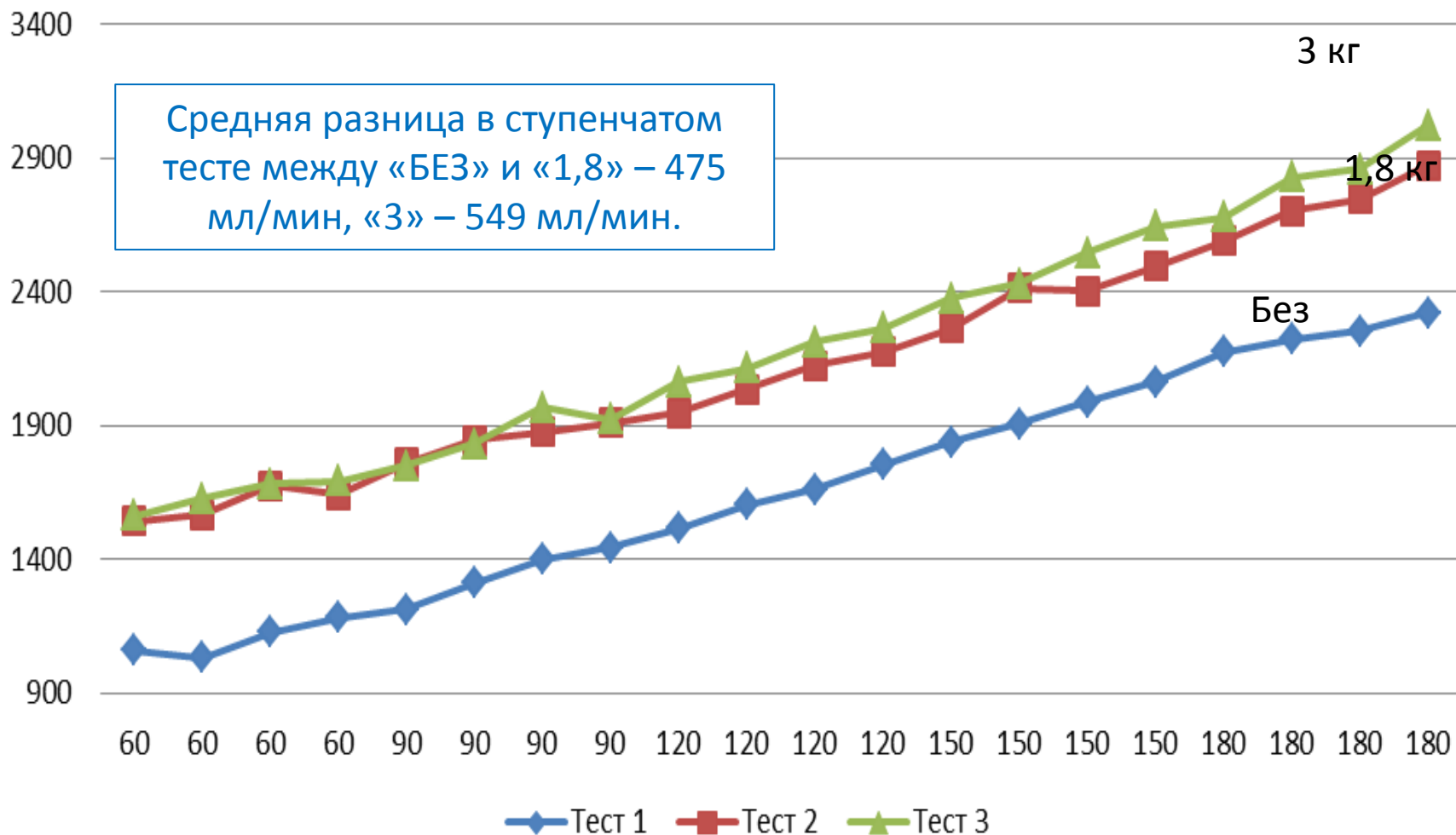


Ступенька 2мин с шагом в 30 вт  
Работа до отказа (ДК 1,1 – 1,2)  
Темп педалирования 80 об/мин  
Темп сгибания 30 подъемов/мин

# КИНЕТИКА ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА В СТУПЕНЧАТОМ ТЕСТЕ

## Потребление кислорода, мл/мин

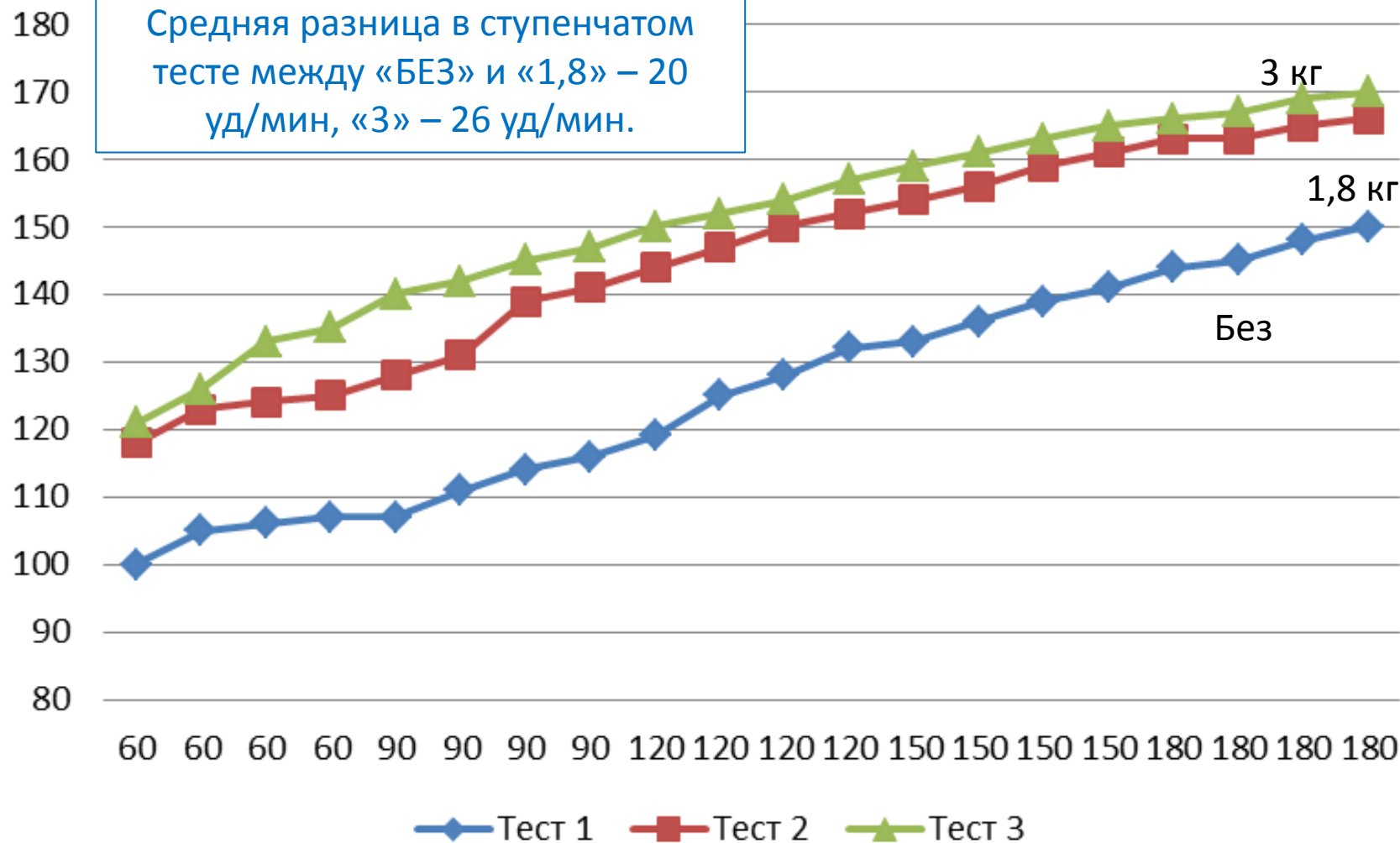
Средняя разница в ступенчатом тесте между «БЕЗ» и «1,8» – 475 мл/мин, «3» – 549 мл/мин.



# ЧСС В СТУПЕНЧАТОМ ТЕСТЕ

## ЧСС, уд/мин

Средняя разница в ступенчатом тесте между «БЕЗ» и «1,8» – 20 уд/мин, «3» – 26 уд/мин.



# ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ ПАНО

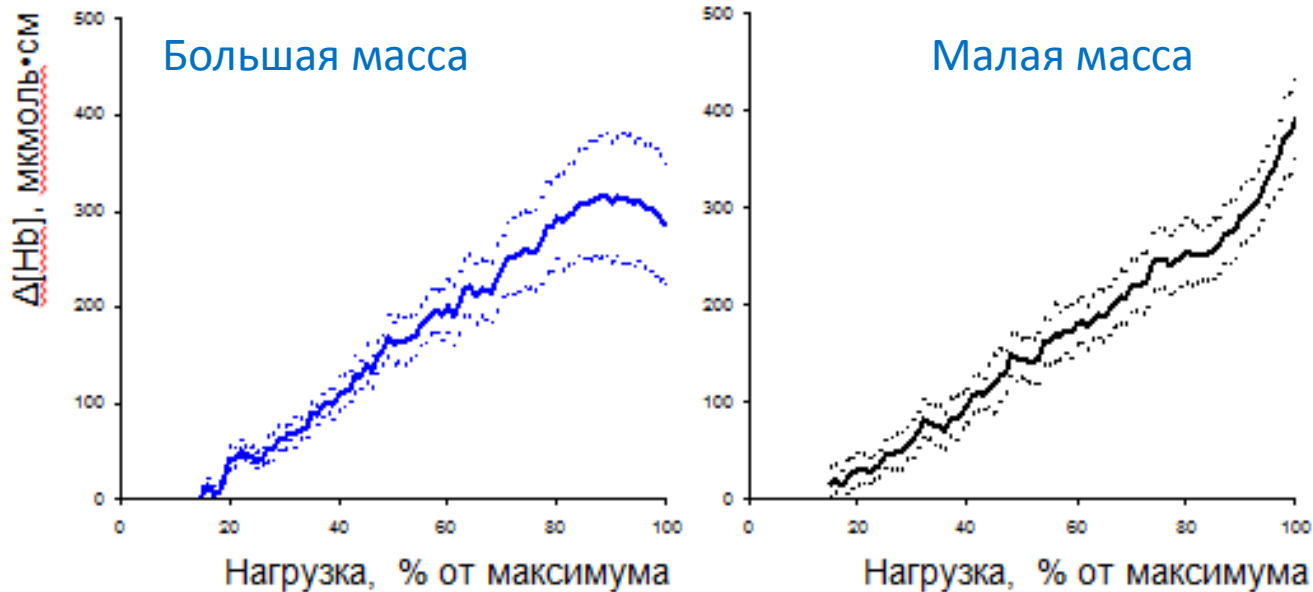


Рисунок 2. Изменение концентрации гемоглобина ( $\Delta[\text{Hb}]$ ) в *m. vastus lateralis* при работе большой (слева) и малой (справа) мышечной массы в тесте с непрерывно повышающейся нагрузкой до отказа.

При работе большой мышечной массы мощность, на которой происходит снижение кровенаполнения работающей мышцы, совпадает с порогом анаэробного обмена, однако у половины тренированных людей интенсификация анаэробного гликолиза происходит без снижения кровенаполнения.

# ТЕСТЫ РУКАМИ ДЛЯ СКАЛОЛАЗОВ

## A Sport-Specific Upper-Body Ergometer Test for Evaluating Submaximal and Maximal Parameters in Elite Rock Climbers

Michail Lubomirov Michailov, Audry Morrison, Mano Mitkov Ketenliev, and Boyanka Petkova Pentcheva

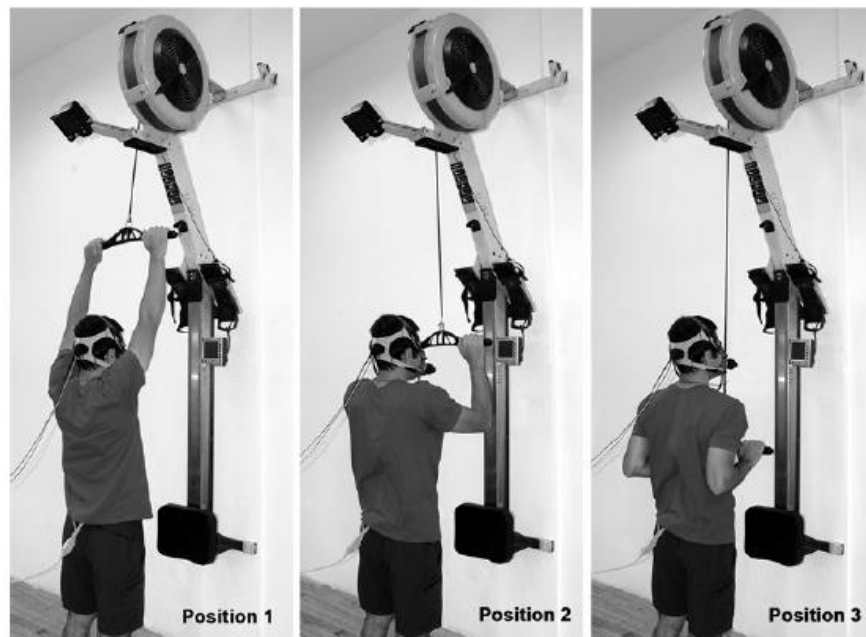
Traditional treadmill or bicycle ergometry neglects the upper-body musculature that predominantly limits or terminates rock-climbing performance (ie, the inability to continually pull up one's body mass or "hang on"). **Purpose:** To develop an incremental maximal upper-body ergometer test (UBT) to evaluate climbers' aerobic fitness and sport-specific work capacity and to compare these results with a traditional treadmill protocol. **Methods:** Eleven elite sport climbers (best redpoint grade Fr.Rb) performed a UBT on a vertically mounted rowing ergometer and, on a separate occasion, performed a maximal incremental treadmill test (TMT). Cardiorespiratory parameters were measured continuously. Lactate (La) samples were collected. **Results:** Peak oxygen consumption ( $VO_{2peak}$ ) and heart rate in UBT and TMT were  $34.1 \pm 4.1$  vs  $58.3 \pm 2.6$  mL · min<sup>-1</sup> · kg<sup>-1</sup> and  $185 \pm 8$  vs  $197 \pm 8$  beats/min, respectively, and both variables were of significantly lower magnitude during UBT ( $P < .001$ ). End-of-test La levels for UBT ( $11.9 \pm 1.7$  mmol/L) and TMT ( $12.3 \pm 2.5$  mmol/L) were similar ( $P = .554$ ). Treadmill  $VO_{2peak}$  was not correlated with either upper-body (UB)  $VO_{2peak}$  ( $P = .854$ ) or redpoint and on-sight climbing grade ability ( $P > .05$ ). UB  $VO_{2peak}$  and peak power output per kg body mass were both strongly correlated ( $P < .05$ ) with climbing grade ability. The highest correlation coefficient was calculated between current on-sight grade and UB  $VO_{2peak}$  ( $r = .85$ ,  $P = .001$ ). **Conclusion:** UBT aerobic- and work-capacity results were strongly correlated to climbing-performance variables and reflected sport-specific fatigue, and TMT results were not. UBT is preferred to TMT to test and monitor dedicated and elite rock climbers' training status.

**Keywords:** sport climbing, maximal incremental exercise, arm ergometry, aerobic power, sport-specific work capacity

The peak oxygen consumption ( $VO_{2peak}$ ) of rock climbers as estimated through running or cycle ergometry has been reported to be 49 to 55 mL · min<sup>-1</sup> · kg<sup>-1</sup>,<sup>1,4</sup> and an even lower average  $VO_2$  has been reported when climbing a single route (20.6–31.9 mL · min<sup>-1</sup> · kg<sup>-1</sup>).<sup>1,6,7</sup> These values are relatively low compared with the  $VO_{2peak}$  of elite endurance athletes. This suggests that aerobic capacity and general endurance are not variables essential for rock-climbing performance and that aerobic metabolism plays a secondary role during climbing.<sup>1</sup> In contrast,  $VO_{2peak}$  for rock climbers from general incremental exercise tests was found to be similar to that of elite wrestlers and team-sport athletes.<sup>3,8</sup> Therefore, the aerobic capabilities of climbers should not be underestimated.  $VO_{2peak}$  is known to increase with climbing difficulty (up to 44.1 mL · min<sup>-1</sup> · kg<sup>-1</sup>)<sup>9,10</sup> or in specialized incremental tests with increasing velocity (up to 53.6 mL · min<sup>-1</sup> · kg<sup>-1</sup>).<sup>11–13</sup> Pires et al<sup>14</sup> found that elite climbers performed longer than intermediate climbers in an upper-limb hand cycling-ergometer test, but the  $VO_{2peak}$  between these groups did not differ significantly. This latter finding may be due to the protocol's not reflecting the load-bearing hanging and pulling exercise done to fatigue when actually climbing.

Maximal tests with increasing climbing velocity induced the highest  $VO_2$  values, but such results are only relevant to the competitive "speed climbing" subdiscipline. This may be the reason that España-Romero et al<sup>12</sup> found no significant correlations between  $VO_{2peak}$  and lead climbing-performance ability in high-level climbers. Schöffel et al<sup>13</sup> used a rotating climbing wall to conduct constant-load tests, with different wall inclinations assigned to the subjects' climbing level to fatigue but collected no gas-exchange data. When interpreting such data consideration must also be given to the resistance and gripping forces involved by progressively making the climbing wall more steep and difficult to climb; this vastly modifies the biomechanical characteristics involved and likely changes the relative contribution of different muscle groups. Roof climbing may result in less-pronounced physiological responses than climbing vertical or overhanging routes equally graded in difficulty.<sup>2</sup>

Therefore, evaluation of climbers' aerobic fitness and work capacity would be more informative if the physiological tests were designed to reflect specificity to climbing exercise and the model of fatigue that limits or terminates climbing performance—that



**Table 3 Correlation Coefficients Representing the Relationships Between Some Parameters From the Upper-Body Maximal Test, Anthropometric Variables, and Climbing Abilities (N = 11)**

	PPO relative to body mass	$VO_{2peak}$ relative to body mass	Body-mass Index	Percentage body fat <sup>a</sup>
Best redpoint	.55 ( $P = .081$ )	.67* ( $P = .025$ )	-.65* ( $P = .029$ )	-.51 ( $P = .109$ )
Best on-sight	.47 ( $P = .146$ )	.68* ( $P = .022$ )	-.46 ( $P = .160$ )	-.27 ( $P = .430$ )
Current redpoint	.80** ( $P = .003$ )	.72* ( $P = .013$ )	-.63* ( $P = .038$ )	-.78** ( $P = .004$ )
Current on-sight	.75** ( $P = .007$ )	.85** ( $P = .001$ )	-.46 ( $P = .150$ )	-.63* ( $P = .039$ )

Abbreviations: PPO, peak power output;  $VO_{2peak}$ , peak oxygen consumption. Note: Only indicators that correlated significantly ( $P < .05$ ) with climbing abilities are included.

<sup>a</sup> Percentage body fat calculated through the equation of Durin and Womersley.<sup>19</sup>

\* $P < .05$  correlation coefficients (Spearman  $r$ ). \*\* $P < .01$  correlation coefficients (Spearman  $r$ ).



# ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ В ЛАБОРАТОРИИ



**При работе ногами и руками определяли:**

- Аэробные возможности (мощность АнП);
- Скоростно-силовые возможности (МАМ);
- Производительность ССС (МУОС).

**Регистрировали:**

- Мощность работы;
- Легочную вентиляцию;
- ЧСС.

По экспериментальным данным определяли показатели мощности и ЧСС на уровне АнП и МУОС.

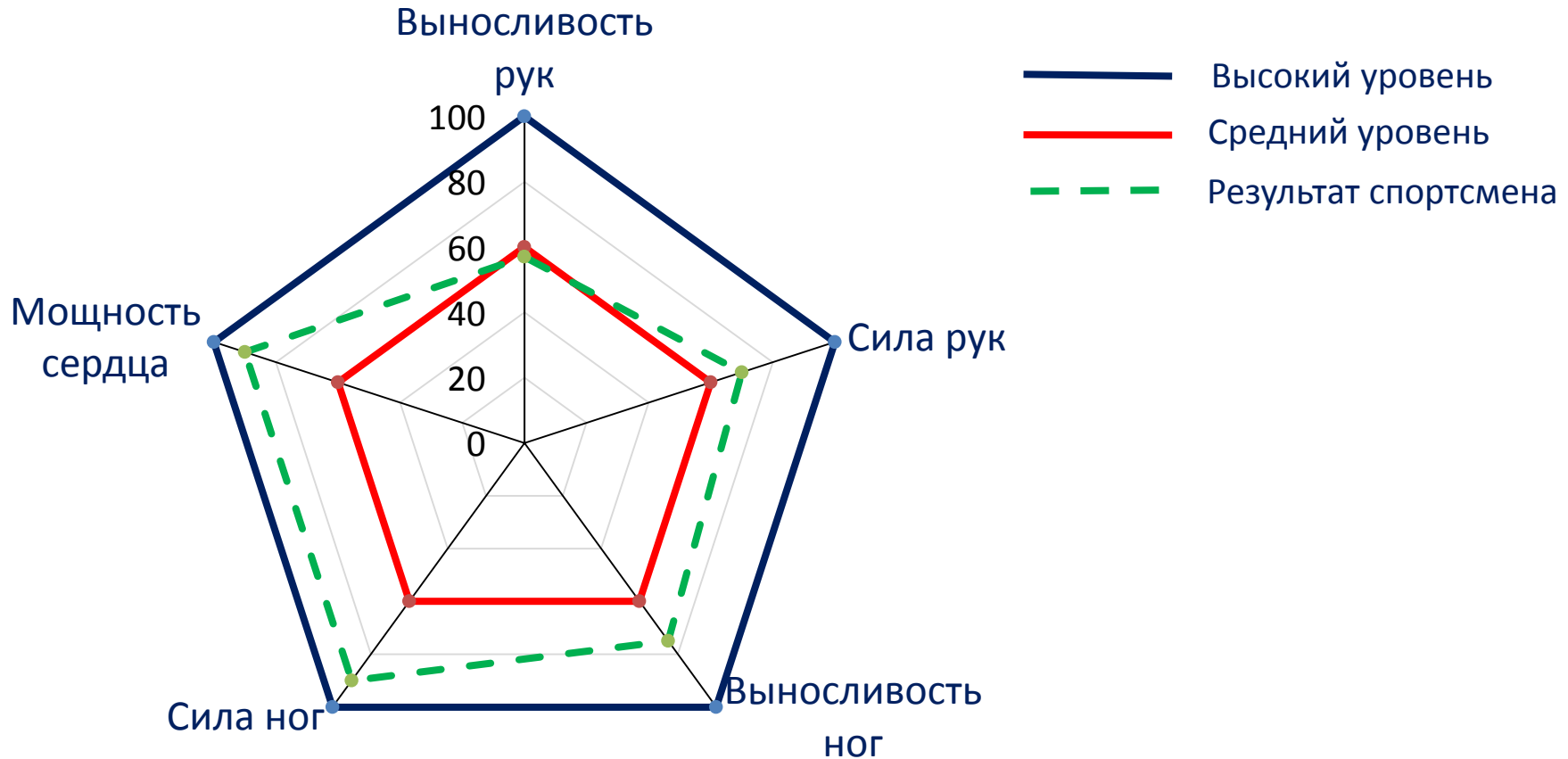






Разница до 30% в мощности при работе руками у бойцов ММА!

# ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ



Поддержание УОС

Поддержание кол-ва МФ в мышцах ног

Гиперплазия МФ в мышцах рук

Гиперплазия МХ в мышцах ног

Значительная гиперплазия МХ в мышцах рук

# ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ БОКСЕРА



## Основные

1. Аэробные способности мышц, осуществляющих основную работу
2. Адекватное кровоснабжение этих мышц.
3. Скоростно-силовые способности мышц рук и ног.
4. Состав тела.

## Второстепенные

1. Состав тела.
2. Концентрация гликогена в работающих мышцах.



Важное применение оценки реакции сердца на физические упражнения было использование субмаксимальной ЧСС, ЧСС покоя и ЧСС макс, чтобы оценить  $VO_{2max}$ .

Часто оценка ЧСС макс рекомендуется по формуле

**ЧСС макс = 220- возраст**

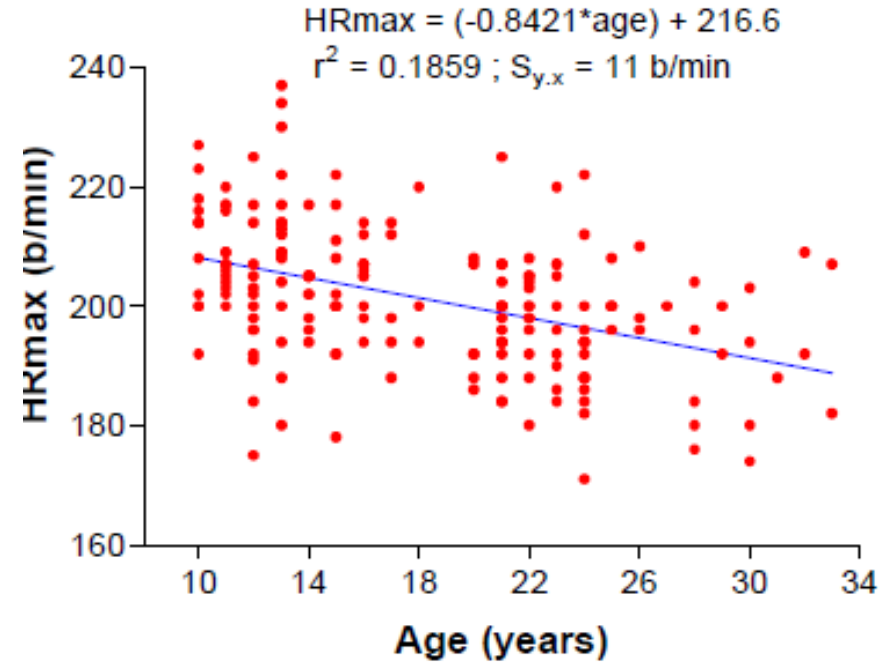
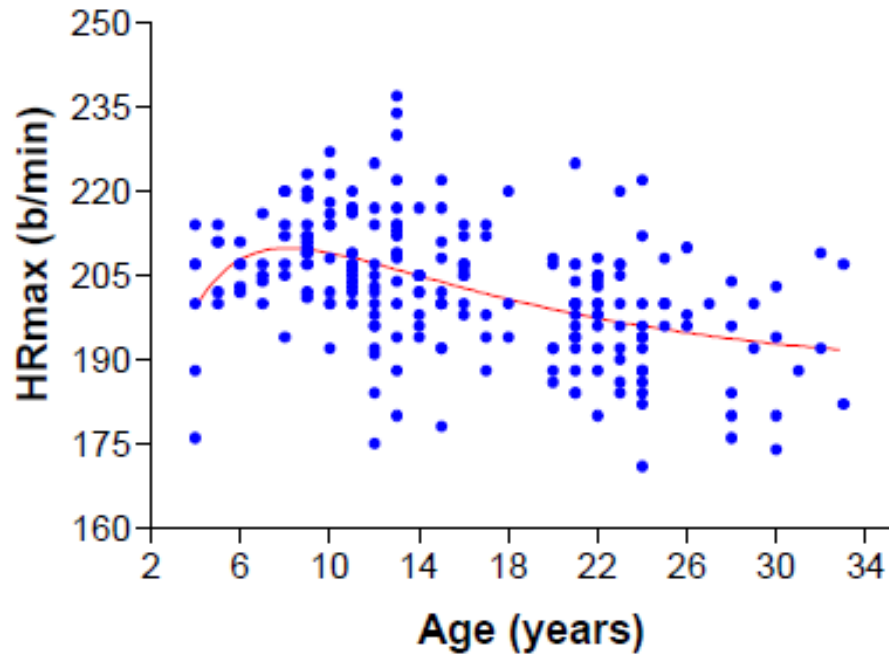
Для расчета интенсивности упражнения были использованы % ЧСС макс или % ЧСС резерва.

<i>%VO<sub>2</sub>max</i>	<i>%HR<sub>max</sub></i>	<i>%HRR<sup>*^</sup></i>
<i>40</i>	<i>63</i>	<i>40</i>
<i>50</i>	<i>69</i>	<i>50</i>
<i>60</i>	<i>76</i>	<i>60</i>
<i>70</i>	<i>82</i>	<i>70</i>
<i>80</i>	<i>89</i>	<i>80</i>
<i>90</i>	<i>95</i>	<i>90</i>

\*based on Karvonen method ( $HR = HR_{rest} + ((\text{intended fraction}) * (HR_{max} - HR_{rest}))$ );

^%HRR equals the intended fraction expressed as %

Adapted from Heyward V. (5) and Swain et al. (6)



Åstrand, P. 1952; Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Copenhagen, Musksgaard.

Полученная формула ЧССмакс = 216.6-0.84 (возраст). Несмотря на сходство уравнений HRmax = 220 – возраст имеет заметную ошибку прогнозирования.

# ИЗМЕРЕННАЯ И ПРЕДСКАЗАННАЯ ЧСС У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ (ИГРОВИКИ)

N=147

ORIGINAL ARTICLE

## Age-predicted vs. measured maximal heart rate in young team sport athletes

Pantelis Theo Nikolaidis<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical and Cultural Education, Hellenic Army Academy, Athens, <sup>2</sup>Exercise Physiology Laboratory, Nikala, Greece

### ABSTRACT

**Background:** Although maximal heart rate ( $HR_{max}$ ) is used widely to assess exercise intensity in sport training and particularly in various team sports, there are limited data with regards to the use of age-based prediction equations of  $HR_{max}$  in sport populations. The aim of this study was to compare the measured- $HR_{max}$  with three prediction equations (Fox- $HR_{max}$  = 220-age and Tanaka- $HR_{max}$  = 208-0.7 $\times$ age and Nikolaidis- $HR_{max}$  = 223-1.44 $\times$ age) in young team sport athletes. **Materials and Methods:** Athletes of soccer, futsal, basketball and water polo, classified into three age groups (u-12, 9-12 years, n = 50; u-15, 12-15 years, n = 40; u-18, 15-18 years, n = 57), all members of competitive clubs, voluntarily performed a graded exercise field test (20 m shuttle run endurance test) to assess  $HR_{max}$ . **Results:** Fox- $HR_{max}$  and Nikolaidis- $HR_{max}$  overestimated measured- $HR_{max}$ , while Tanaka- $HR_{max}$  underestimated it ( $P < 0.001$ ). However, this trend was not consistent when examining each group separately; measured- $HR_{max}$  was similar with Tanaka- $HR_{max}$  in u-12 and u-15, while it was similar with Nikolaidis- $HR_{max}$  in u-18. **Conclusion:** The results of this study failed to validate two widely used and one recently developed prediction equations in a large sample of young athletes, indicating the need for specific equation in different age groups. Therefore, coaches and fitness trainers should prefer Tanaka- $HR_{max}$  when desiring to avoid overtraining, while Fox- $HR_{max}$  and Nikolaidis- $HR_{max}$  should be their choice in order to ensure adequate exercise intensity.

**Key words:** Age groups, athletes, cardiac rate, graded exercise test, prediction equations

### Address for correspondence:

Dr. PT Nikolaidis,  
Department of Physical and Cultural  
Education, Hellenic Army Academy,  
Athens, Greece.

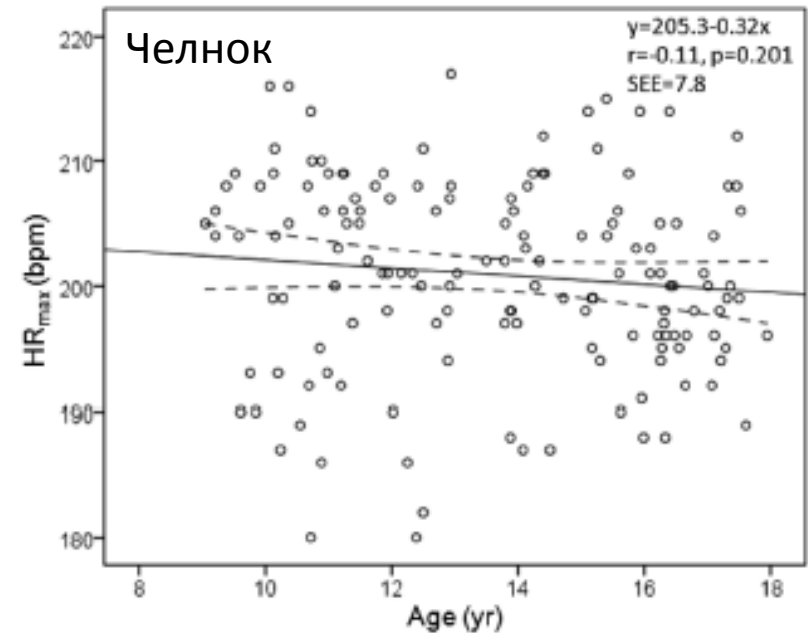
E-mail: pademi@hotmail.com

### INTRODUCTION

Sport training is based on the optimal prescription of exercise mode, duration and intensity. A daily task of coaches and fitness trainers is to plan an exercise program of adequate intensity. On the contrary, special care is given in order the exercise intensity not to increase the likelihood of overtraining. When working with athletes, coaches and fitness trainers often establish training heart rate (HR) intensities for aerobic exercise based on maximal HR ( $HR_{max}$ ), for example Karvonen method.<sup>1</sup>  $HR_{max}$  is measured as the maximal value recorded in the end of graded exercise test (GXT) either in a laboratory or in field. However, occasionally it is desirable not to perform a GXT, for example to avoid the fatigue induced by maximal testing during the competitive period.

When it is not possible to measure  $HR_{max}$  from an age-based equation is widely used by coaches and fitness trainers. The most commonly used equations used in the daily sports practice are Fox, Naughton and Haskell (Fox- $HR_{max}$ ),<sup>2</sup> Tanaka, Monahan and Seals (Tanaka- $HR_{max}$ ),<sup>3</sup> and Nikolaidis (Nikolaidis- $HR_{max}$ ).<sup>4</sup> The validity of these equations has been extensively studied in large samples of sedentary,<sup>5,6</sup> overweight,<sup>7</sup> sport mental retardation.<sup>8</sup> The aforementioned equations are based on a GXT in a laboratory setting to only a few studies have been conducted in adolescents<sup>9,14,15</sup> and using a field test with a longitudinal design.<sup>17,18</sup>

While available studies provide information on the estimation of  $HR_{max}$ , the results are incomplete nor has it been completely validated in this area of concern is that athletes are under-represented in this body of research. In a recent study, it was shown that athletes of speed/power sports had similar measured- $HR_{max}$  with endurance athletes and both had lower values than those who



Результаты этого исследования не смогли проверить два широко используемых и одно недавно разработанное уравнение прогнозирования в большой выборке молодых спортсменов, что указывает на необходимость конкретного уравнения в разных возрастных группах.

Pantelis Theo Nikolaidis Age-predicted vs. measured maximal heart rate in young team sport athletes Niger Med J. 2014 Jul;55(4):314-20.

Access this article online

Quick Response Code:



Website:

www.nigermedj.com

DOI:

10.4103/0300-1852.137192



# СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ И ИЗМЕРЕННОЙ ЧСС НА АНП

## Assessment of Exercise Intensity Formulas By Use of Ventilatory Threshold\*

Linn Goldberg, M.D.; Diane L. Elliot, M.D.; and Kerry S. Kuehl, M.S.

Guidelines for training heart rate (HR) during aerobic exercise are often determined by predictive formulas. Measurement of the heart rate at ventilatory threshold (VT) by expired gas analysis provides a direct index of the upper limits of conditioning intensity. We evaluated 115 nonsmoking, healthy adults with measurement of peak oxygen uptake to classify groups as low ( $n=45$ ), average ( $n=45$ ), and high ( $n=25$ ) fitness. Heart rate at VT was compared with the approximate midpoint (77 percent) of recommended training intensity as estimated by the Karvonen equation, predicted maximal  $(220 - \text{age})$ , and measured maximal HR formulas. No significant difference among the various HR formulas at 77 percent and HR at VT were found for high-fitness individuals. Among the low- and average-fitness groups, the Karvonen formula at 77 percent was significantly higher ( $p < 0.001$ ) than HR at ventilatory threshold. Predicted and measured maximal HR at 77 percent were not above the VT among the low- and average-fitness individuals and are appropriate for training intensity. However, the Karvonen formula appears to overestimate heart rate intensity among those of low and average fitness and may be excessive for these groups.

This threshold, found by locating the point of a nonlinear rise in minute ventilation ( $\dot{V}_E$ ) with respect to oxygen consumption, can be identified during progressive exercise.<sup>4,10</sup> Since VT correlates with an acute rise in levels of venous lactate, metabolic acidosis, and an accelerated rate of muscle glycogen depletion, exertion above this point results in an inability to sustain exercise.<sup>5,12</sup> In addition, a potential arrhythmogenic increase in catecholamine concentration occurs during exercise above the ventilatory threshold.<sup>14</sup>

To assess the validity of the predicted methods for training intensity, we compared the suggested midpoint (77 percent) of these formulas with the exercise HR at the ventilatory threshold. If the predicted HR intensity at this midintensity level is significantly higher than the HR at VT, the duration of exertion could be limited, with a resultant decrease in endurance benefits.<sup>5,13</sup> Excessive training intensity may also be hazardous to those with coronary ischemia or exercise-induced arrhythmias.

Several formulas (Table 1) employ either predicted or measured maximal heart rates to prescribe exercise intensity. The Karvonen equation<sup>7</sup> uses predicted maximal HR  $(220 - \text{age})$  along with measured resting HR and introduces the concept of a heart rate reserve:  $[(220 - \text{age}) - (\text{resting heart rate})] \times (60 \text{ to } 90\%) + (\text{resting HR})$

### MATERIAL AND METHODS

One hundred fifteen healthy subjects (64 men and 51 women) consecutively referred for a fitness evaluation were studied over 14 months. Inclusion criteria included no medication use, no symptoms or history of cardiopulmonary disease, and no contraindication or

Table 1—Intensity Prescription Formulas

Predicted maximal $(220 - \text{age}) \times 77\%$
Karvonen formula $[(220 - \text{age}) - (\text{resting heart rate}) \times 77\%] +$ resting heart rate
Measured maximal Measured maximal heart rate $\times 77\%$

Table 1—Intensity Prescription Formulas

Predicted maximal $(220 - \text{age}) \times 77\%$
Karvonen formula $[(220 - \text{age}) - (\text{resting heart rate}) \times 77\%] +$ resting heart rate
Measured maximal Measured maximal heart rate $\times 77\%$

Table 2—Exercise Testing Results in Three Groups of Varying Fitness ( $\pm$  SEM)

Measurement	Fitness		
	Low	Average	High
N	45	45	25
$\dot{V}_{O_2}$ , ml/kg/min	21.7 $\pm$ 1.8	31.8 $\pm$ 1.7	51.2 $\pm$ 2.3
Age, yr	44 $\pm$ 2	46 $\pm$ 3	42 $\pm$ 2
Male/Female ratio	1.1:1	1.1:1	2.1:1
Cycle/Treadmill	1:1	1:0.8	1:0.9
Max RER*	1.32 $\pm$ .02	1.26 $\pm$ .03	1.23 $\pm$ .02
Max HR, bpm	166 $\pm$ 3†	176 $\pm$ 3	178 $\pm$ 2

\*Respiratory exchange ratio.

† $p < .05$ .

Recommendations for aerobic conditioning are based on the intensity, frequency, and duration of exercise.<sup>1,2</sup> The intensity should be sufficient to elicit a training response, yet if exertion is too intense, the duration of training will be compromised.<sup>4,5</sup> The heart rate (HR) is often a reliable indicator of both myocardial and total oxygen requirements during exercise. Heart rate changes are commonly used to quantify and monitor endurance training.<sup>1,4,6</sup>

Several formulas (Table 1) employ either predicted or measured maximal heart rates to prescribe exercise intensity. The Karvonen equation<sup>7</sup> uses predicted maximal HR  $(220 - \text{age})$  along with measured resting HR and introduces the concept of a heart rate reserve:  $[(220 - \text{age}) - (\text{resting heart rate})] \times (60 \text{ to } 90\%) + (\text{resting HR})$

Also, a percentage of either the predicted maximal  $(220 - \text{age}) \times (70 \text{ to } 85 \text{ percent})$  or the maximal HR measured during exercise testing  $(\text{HR} \times 70 \text{ to } 85 \text{ percent})$  has been suggested as an appropriate training level.<sup>1,3</sup>

Although these heart rate formulas predict the training intensity, respiratory parameters during physical exertion provide a direct measurement of exertion levels.<sup>8</sup> While exercise intensity below 50 percent of peak oxygen consumption is not likely to result in significant aerobic conditioning,<sup>8,9</sup> determination of the ventilatory threshold (VT) is a preferred, noninvasive method to assess the upper limits of training.<sup>11</sup>

\*From the Human Performance Laboratory, Division of General Medicine, Oregon Health Sciences University, Portland. Supported in part by DHHS grant 1 D28 PE10067-01. Manuscript received August 7; revision accepted January 14. Reprint request: Dr Goldberg, 3181 SW Sam Jackson Park Road, Portland, Oregon 97201.

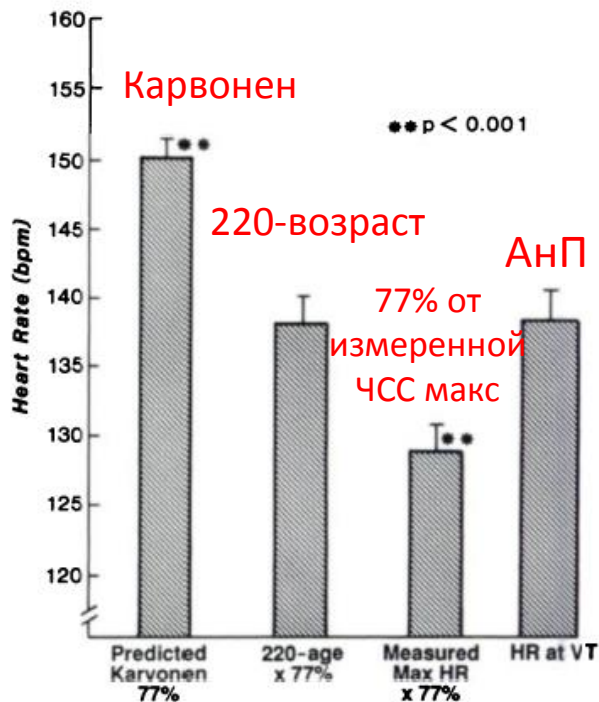
# РАЗНИЦА ЧСС: ТРИ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЯ 77% И ЧСС НА ВАиП

Неподготовленные

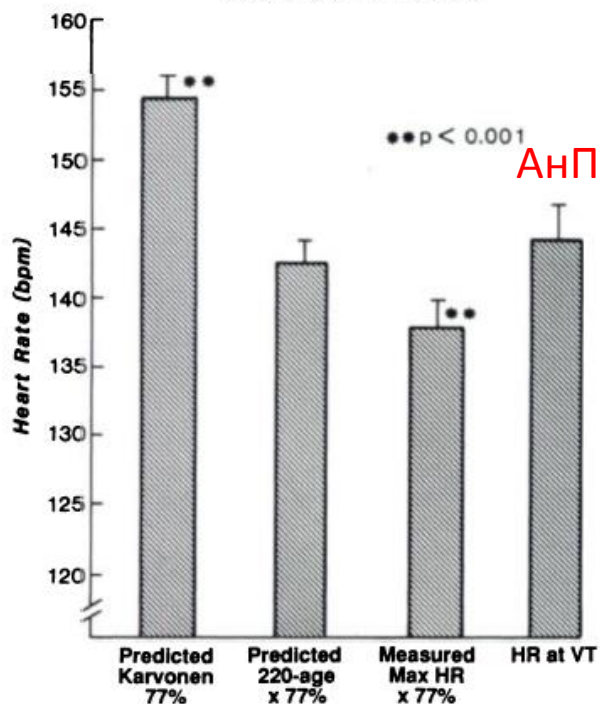
Средний уровень

Подготовленные

## INTENSITY PRESCRIPTION LOW FITNESS



## INTENSITY PRESCRIPTION AVERAGE FITNESS



## INTENSITY PRESCRIPTION HIGH FITNESS

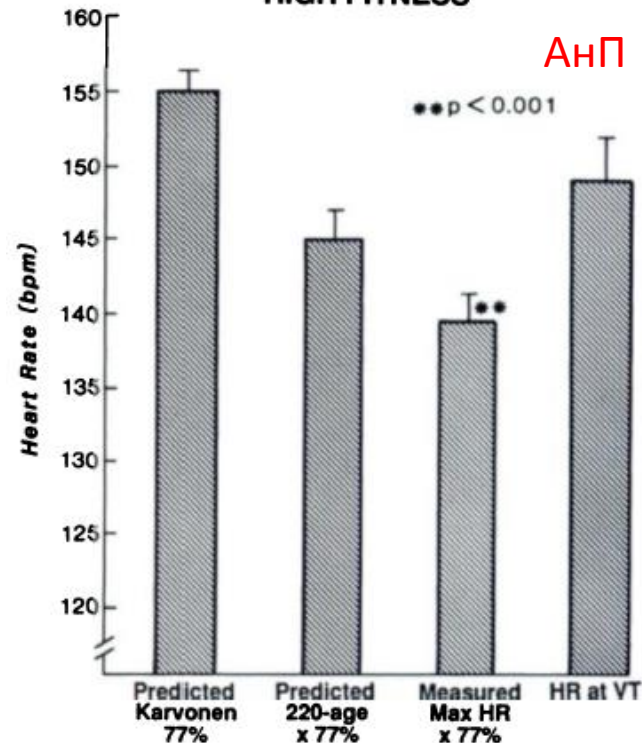


FIGURE 1. Predicted training heart rate (HR) formulas at 77 percent intensity compared with HR at the ventilatory threshold (VT) for the low-fitness group.

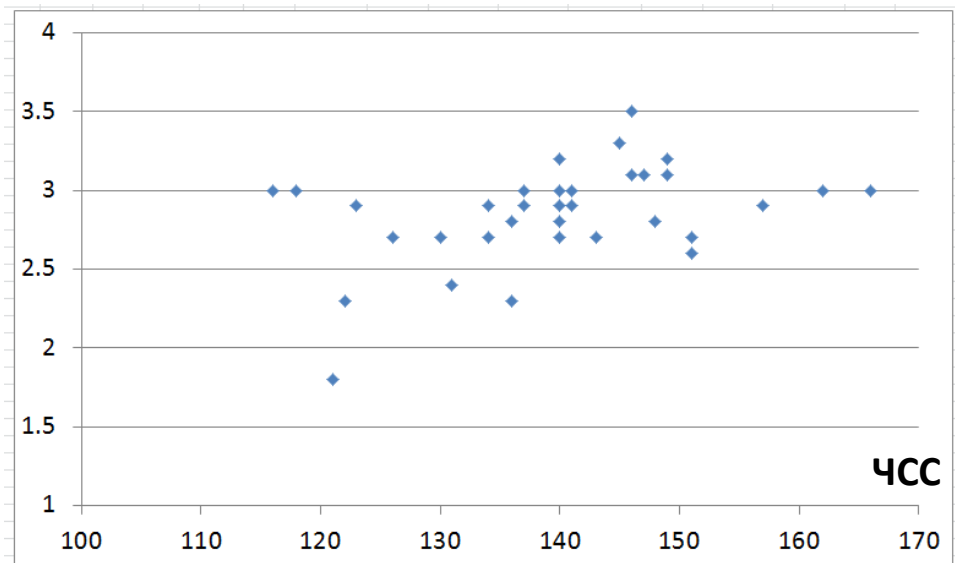
FIGURE 2. Predicted training heart rate (HR) formulas at 77 percent intensity compared with HR at the ventilatory threshold (VT) for the average-fitness group.

FIGURE 3. Predicted training heart rate (HR) formulas at 77 percent intensity compared with HR at the ventilatory threshold (VT) for the high-fitness group.

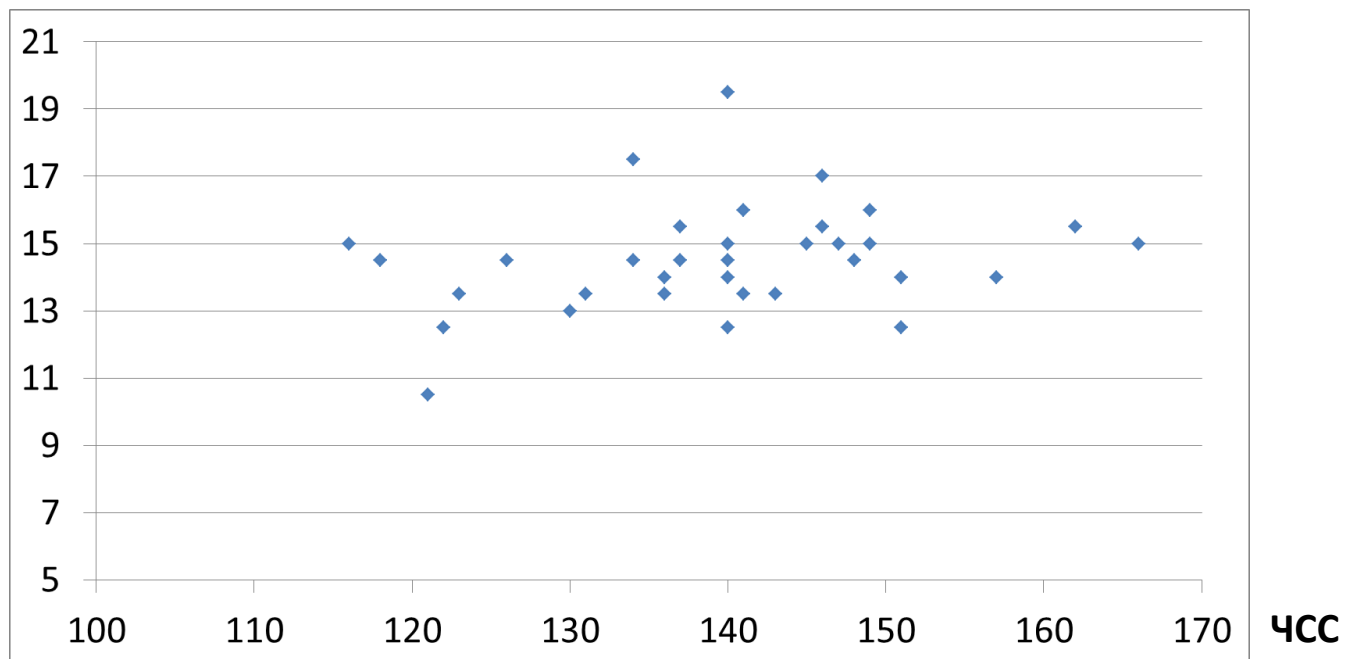
**Формула Карвонена на 77% выше АиП для всех групп!**

# ТЕСТИРОВАНИЕ ХОККЕИСТОВ КХЛ

Мощность, Вт/кг

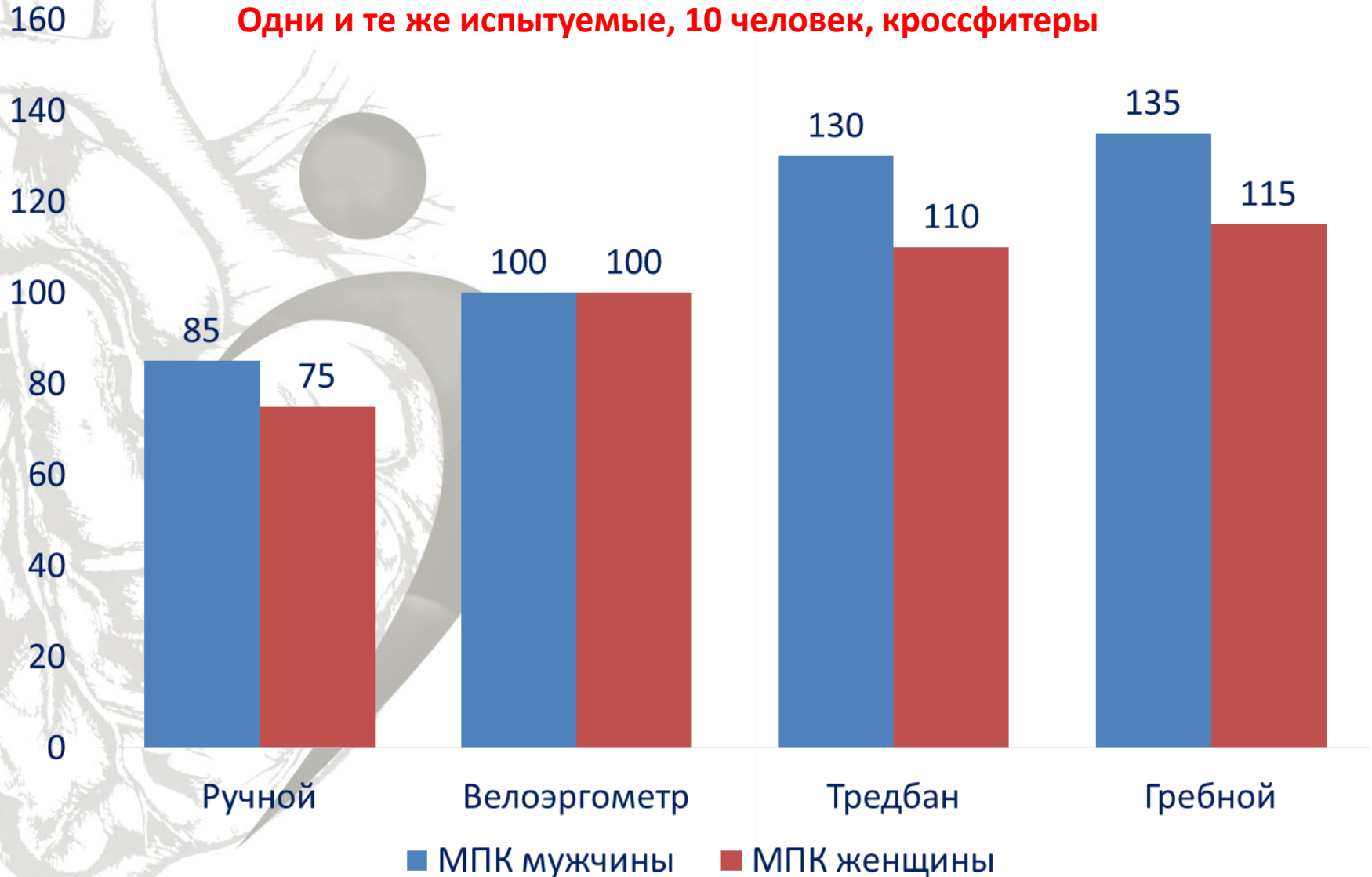


Ккал/мин



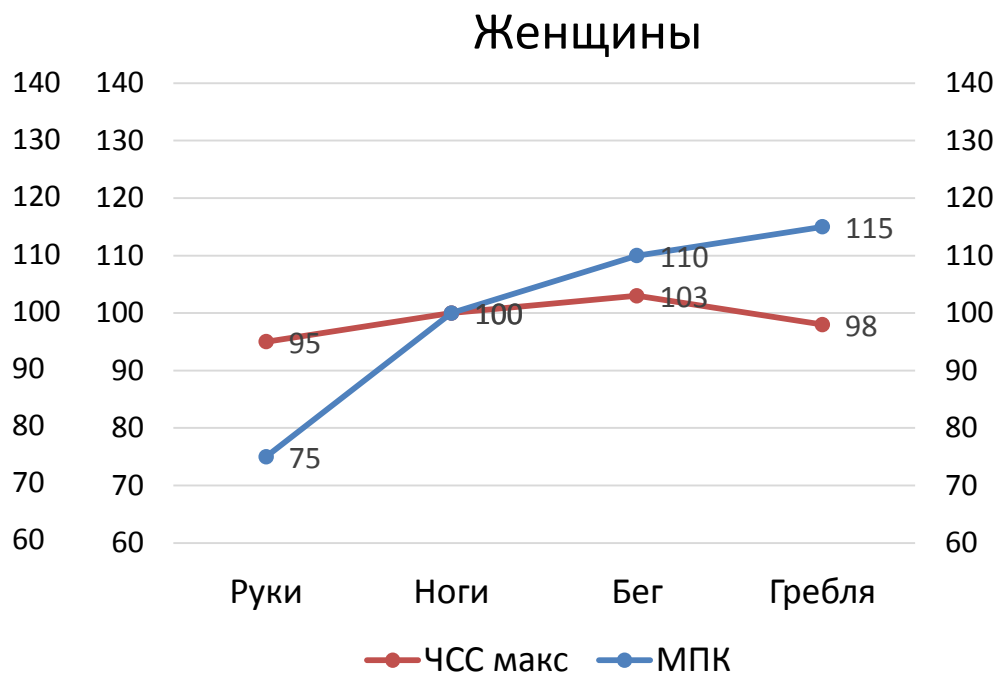
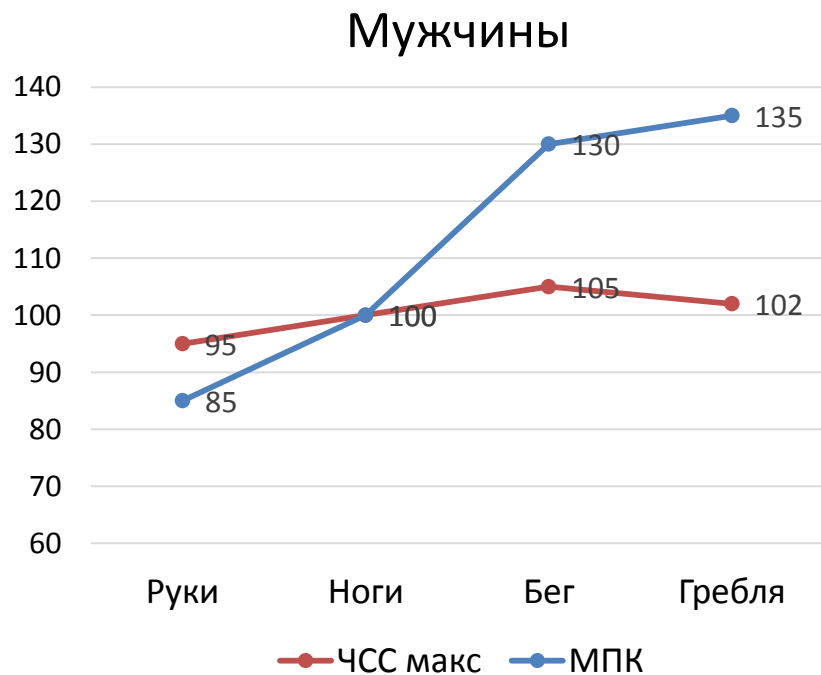
# РАЗНИЦА МПК В % НА РАЗНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Одни и те же испытуемые, 10 человек, кроссфитеры



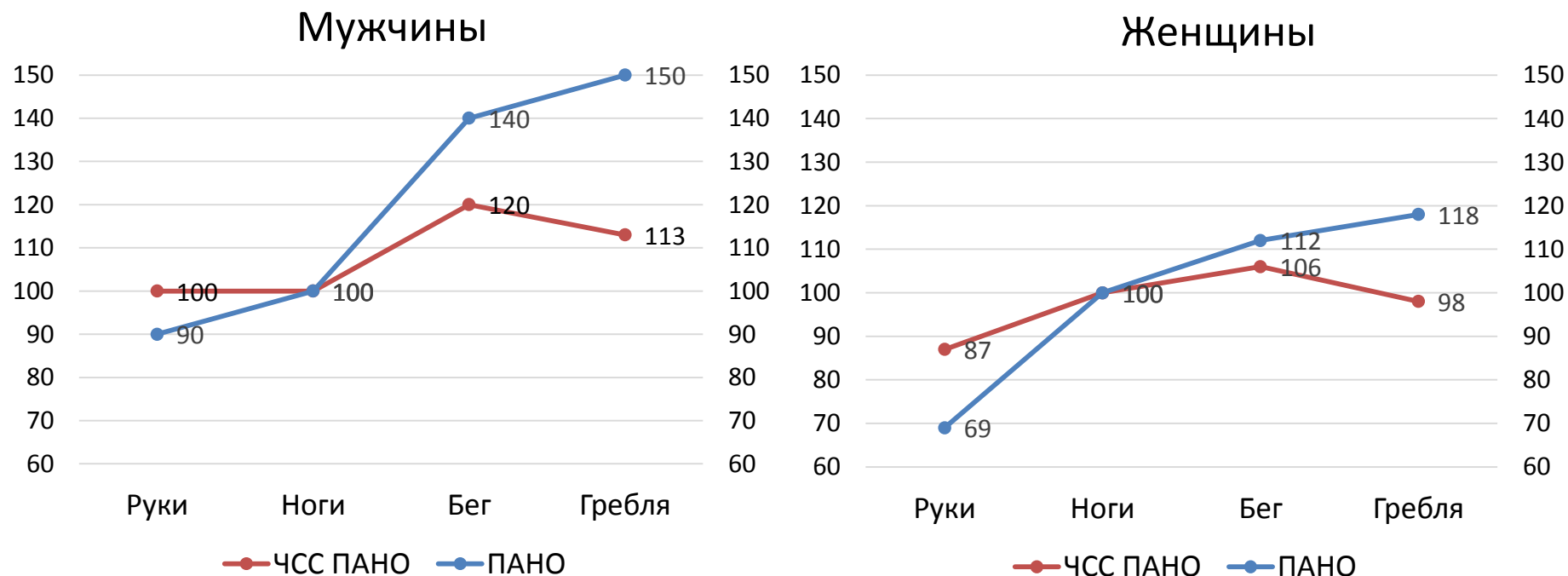


# Сравнение ЧСС макс и МПК у мужчин и женщин, %



Соотношение максимальной ЧСС и МПК при работе до отказа на разных измерительных устройствах в процентах от данных ВЭМ

# ЧСС и мощность на ПАНО у мужчин и женщин, %



ЧСС на ПАНО и мощность ПАНО при работе на разных измерительных устройствах в процентах от данных ВЭМ



ORIGINAL RESEARCH

## Skeletal muscle oxygenation during cycling at different power output and cadence

Lisha Shastri<sup>1\*</sup>, Mariana Alkhalil<sup>1\*</sup>, Claire Forbes<sup>1\*</sup>, Tina El-Wadi<sup>1</sup>, Gerrard Rafferty<sup>1</sup>, Koji Ishida<sup>2</sup> & Federico Formenti<sup>1,3,4</sup>

- 1 Centre for Human and Applied Physiological Sciences, Faculty of Life Sciences and Medicine, King's College London, London, United Kingdom
- 2 Research Centre of Health, Physical Fitness and Sport, Nagoya University, Nagoya, Japan
- 3 Nuffield Division of Anaesthetics, University of Oxford, Oxford, United Kingdom
- 4 Department of Biomechanics, University of Nebraska at Omaha, Nebraska

### Keywords

Exercise, muscle, NIRS, oxygen.

### Correspondence

Federico Formenti, Centre for Human and Applied Physiological Sciences, Faculty of Life Sciences and Medicine, Shepherd's House, Guy's Campus, King's College London, London, SE1 1UL – United Kingdom.  
Tel: +4420 7848 6292  
Fax: +4420 7848 6325  
E-mail: federico.formenti@outlook.com

### Funding Information

This work was supported by a Great Britain Sasakawa Foundation grant to FF, Nagoya University (KI) and by King's College London (FF).

Received: 24 November 2018; Accepted: 7 December 2018

doi: 10.14814/phy2.13963

Physiol Rep, 7 (3), 2019, e13963,  
<https://doi.org/10.14814/phy2.13963>

\*These authors contributed equally to this manuscript.

### Abstract

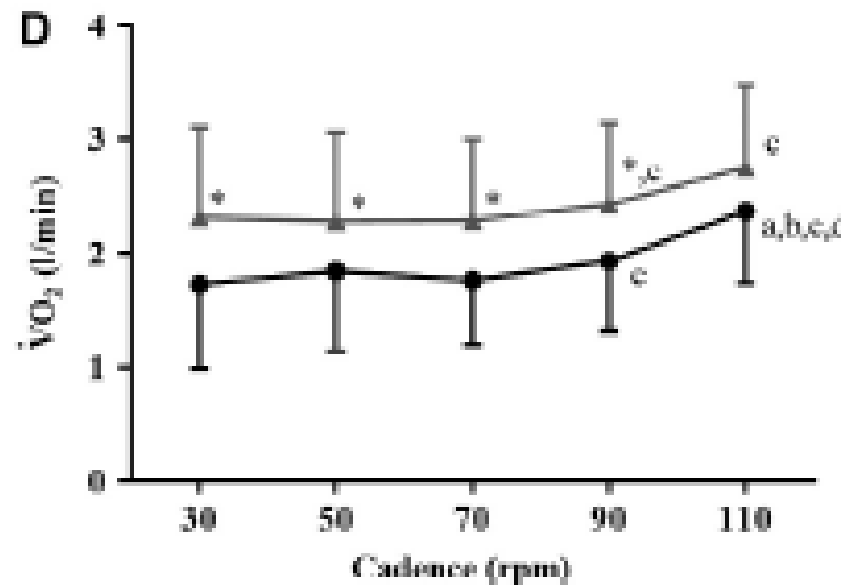
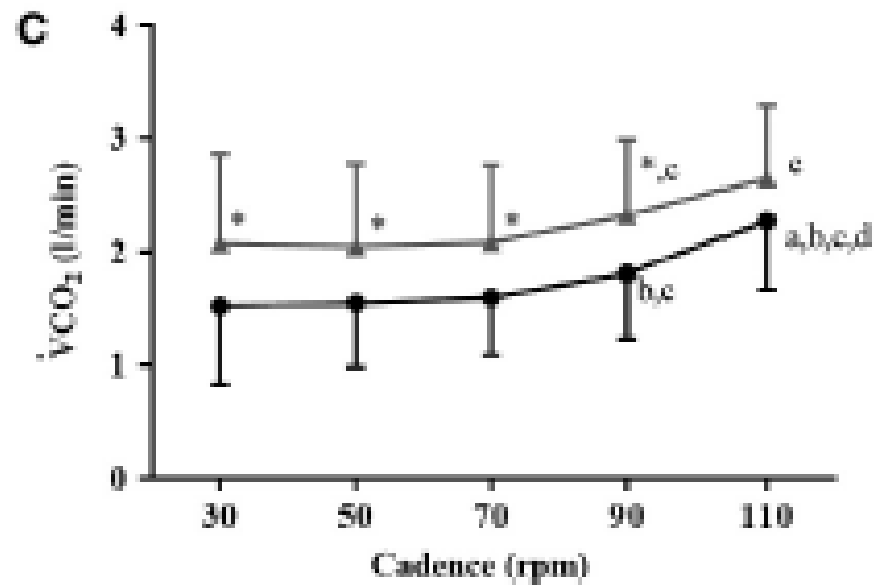
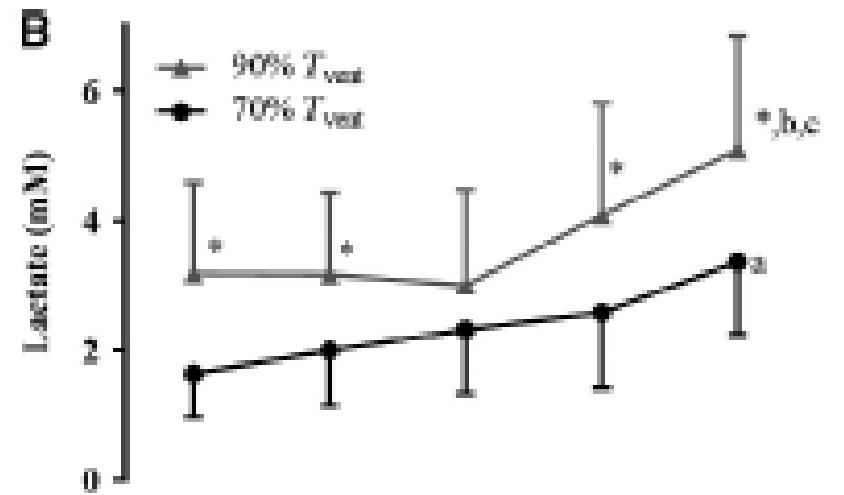
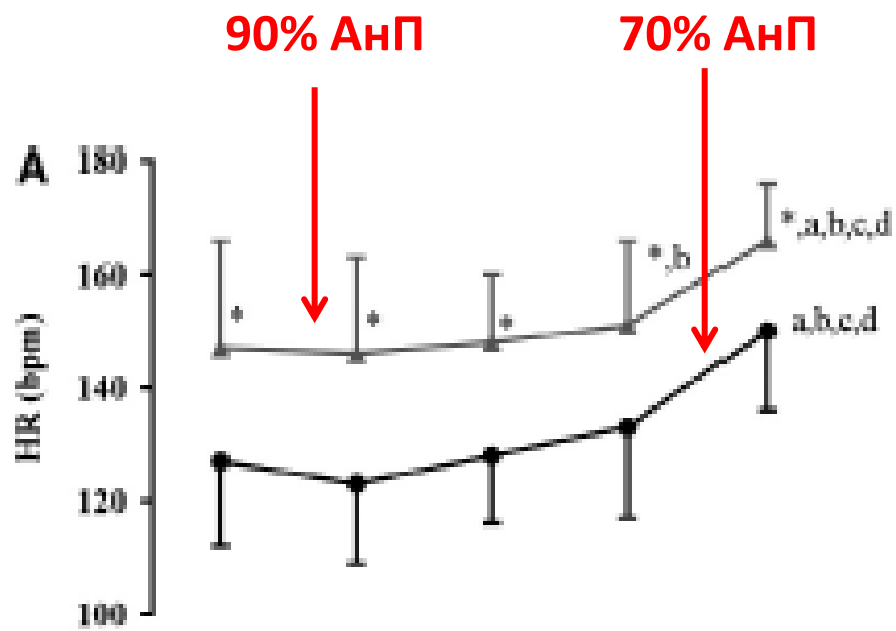
The selection of cadence during cycling may be determined by a number of factors, including the degree of oxygenation in the exercising skeletal muscle. The purpose of this study was to determine the degree of muscle oxygenation associated with different cycling cadences and exercise intensities, and its putative role in the choice of self-selected cadence during cycling. We recorded cardiopulmonary and metabolic responses to cycling at exercise intensities of 70% and 90% of the ventilatory threshold ( $T_{vent}$ ), and used near-infrared spectroscopy to determine tissue saturation index as a measure of skeletal muscle (*vastus lateralis*) oxygenation. Twelve participants cycled at cadences of 30, 50, 70, 90, and 110 revolutions per minute (rpm), each for 4 min, in a randomized sequence, interspersed with active recovery periods. Despite cardiopulmonary and metabolic responses being greater at 90% than at 70%  $T_{vent}$ , and at 110 rpm compared with lower cadences, *vastus lateralis* oxygenation was not different between the two exercise intensities and five cadences tested. Our results indicate that skeletal muscle tissue saturation index is not substantially affected during cycling for short periods of time at constant, moderate exercise intensity at cadences between 30 and 110 rpm, suggesting that skeletal muscle oxygenation may not be an important negative feedback signal in the choice of self-selected cadence during cycling at moderate exercise intensity.

# ЧСС и РАЗНЫЙ КАДЕНС

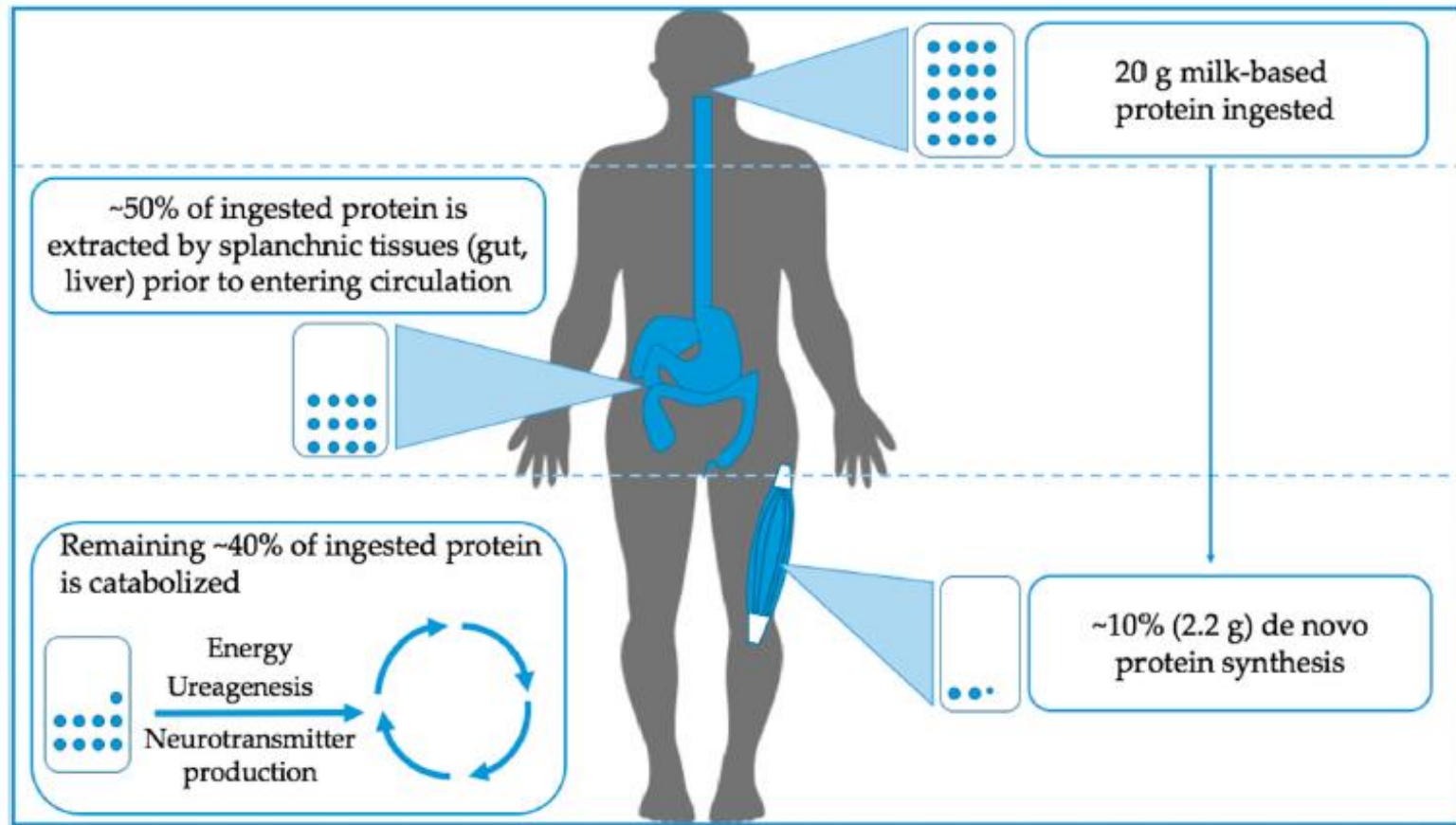
12 добровольцев определили в лаборатории вентиляционный анаэробный порог ВАНП на 70 об/мин. Спустя 48 часов они крутили 70 и 90% от АНП на разных оборотах (30,50,70,90,110)

**Table 1.** Mean and standard deviation values for participants' characteristics.

Parameter	n = 12
Age (years)	29 ± 10
Height (m)	1.75 ± 0.09
Weight (kg)	74 ± 11
Skinfold thickness* (mm)	8.0 ± 4.8
Power output at $T_{vent}$ (W)	170 ± 62
$\dot{V}O_2$ at $T_{vent}$ (L min <sup>-1</sup> )	2.12 ± 0.74

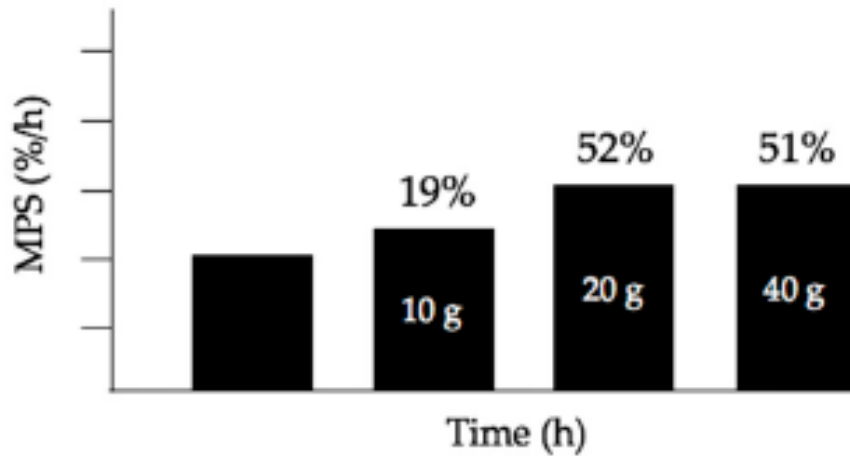


Упрощенная схема использования белка пищи в организме в состоянии покоя. Из протеинов, приблизительно 50% экстрагируется с помощью внутренних тканей перед входом в периферическое кровообращение. Интересно, что только 10% потребляемого белка используют для синтеза белка скелетных мышц, остальное количество катаболизовано.

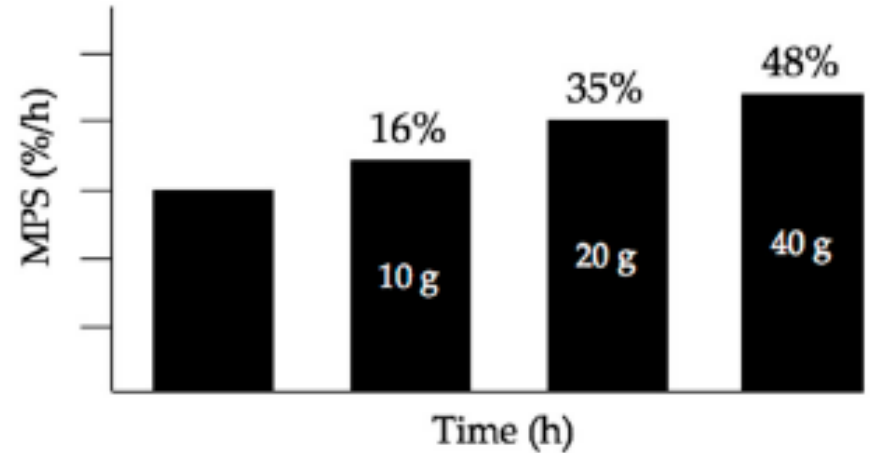


**Способность переваривать и абсорбировать диетический белок превосходит способность скелетных мышц использовать составляющие аминокислоты для анаболизма.**

### A. Rest



### B. Post Exercise



Увеличение скорости синтеза мышечного белка, вызванного потреблением сывороточного белка, у молодых мужчин в покое и после тренировки процентное изменение от 0 .

# ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА

1. Потребляйте ~ 0,4 г / кг массы тела, чтобы максимально стимулировать MPS после период отдыха или упражнения с сопротивлением.
2. Интервал белковосодержащих пищевых продуктов ~ 3-5 ч в течение дня максимизирует скорость MPS по сравнению перерывом в 12 часов.
3. Практикуйте прием пищи перед сном (1-3 часа до сна), чтобы компенсировать снижение MPS, которое происходит в течение ночного голодания.
4. Чтобы максимизировать аккрецию мышечного белка с помощью упражнений с сопротивлением, ежедневное потребление белка должно быть ~ 1,6 г / кг / сут и до 2,2 г / кг / день. Это потребление может быть достигнуто путем приема 3-х разовых приемов пищи, каждый из которых содержит ~ 0,53 г / кг белка, или 4-х разовое питание, содержащее ~ 0,4 г / кг белка.

# ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ДЕФИЦИТА

1. Ежедневные требования к белкам выше, чем в период энергетического баланса, для поддержания или увеличения тощей массы тела.
  2. Упражнения с сопротивлением должны выполняться во время ограничения энергии, чтобы способствовать сохранению мышечной массы.
  3. Для спортсменов, которые на сушке длительное время, следует выбирать высококачественные источники белка, такие как сыворотку и казеин или смесь каждого из них для оптимизации контроля аппетита.
  4. Снижению убыли мышечной массы во время потери веса способствует потребление белка ~ 2,3-3,1 г / кг / день.
- Для взрослых, занимающихся физическими упражнениями, у которых высокий процент жира должны стремиться к нижней границе этого диапазона, а люди с нормальным процентом жира – к верхней.



# СОЧЕТАНИЕ СИЛОВОЙ И АЭРОБНОЙ ТРЕНИРОВОК

Выводы результатов экспериментов, в которых изучались эффекты сочетания силовой и аэробной тренировки:

1. Аэробная тренировка на уровне аэробного порога имеет ограниченную эффективность;
2. Аэробная тренировка всегда снижает эффект силовой;
3. Силовая тренировка не снижает эффекта аэробной;
4. При использовании одного и того же объема аэробной тренировки через 1-2 мес. показатели выходят на плато, однако при сочетании силовой и аэробной тренировки скорость прироста аэробных показателей возрастает.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ $\dot{V}O_{2max}$

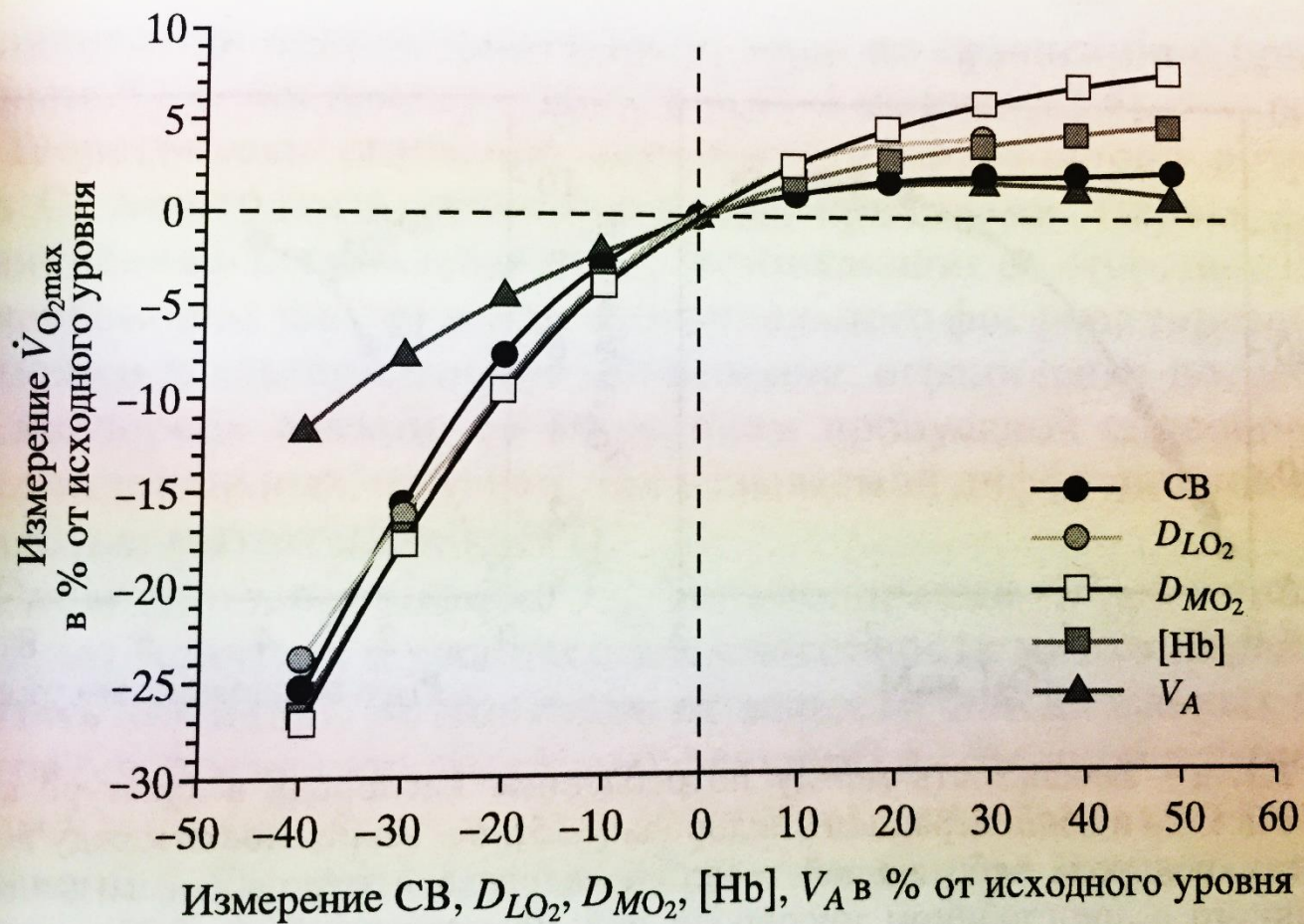


Рис. 2.1. Результаты модельного исследования: относительные изменения скорости максимального потребления кислорода организмом ( $\dot{V}O_{2max}$ ) в зависимости от изменений сердечного выброса (CB), диффузионной способности легких

## Классификация циклических упражнений по признаку эффективности тренировочного процесса

Кривая зависимости «мощность – предельное время»



Рисунок 7.2 Схема определения зон мощности и эффективности физических упражнений. Зоны мощности определяются по опорным точкам – МАМ, МПК, ВАнП, ВАэП.

# ОБЗОР НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

# СПЕЦИФИЧНАЯ СИТ (RST, SIT) – ТРЕНИРОВКА В БОКСЕ

**Sport-Specific Repeated Sprint Training Improves Punching Ability And Upper-Body  
Aerobic Power In Experienced Amateur Boxers**

Interval Training Improves Punching Ability

Sigitas Kamandulis, Vidas Bruzas, Pranas Mockus, Alvydas Stasiulis, Audrius Snieckus, and  
Tomas Venckunas

Institute of Sports Science and Innovation, Lithuanian Sports University

**Corresponding author:** Dr. Snieckus Audrius,

Institute of Sports Science and Innovation, Lithuanian Sports University, Sporto 6, LT –  
44221, Kaunas, Lithuania Fax: +370 7 204515, ph.: +370 600 39099, e-mail:  
audrius.snieckus@lsu.lt

Идея исследователей –  
приблизить интервалку к  
соревновательной деятельности

18 боксеров-любителей (7 лет  
стаж) тренировались 6 раз в  
неделю

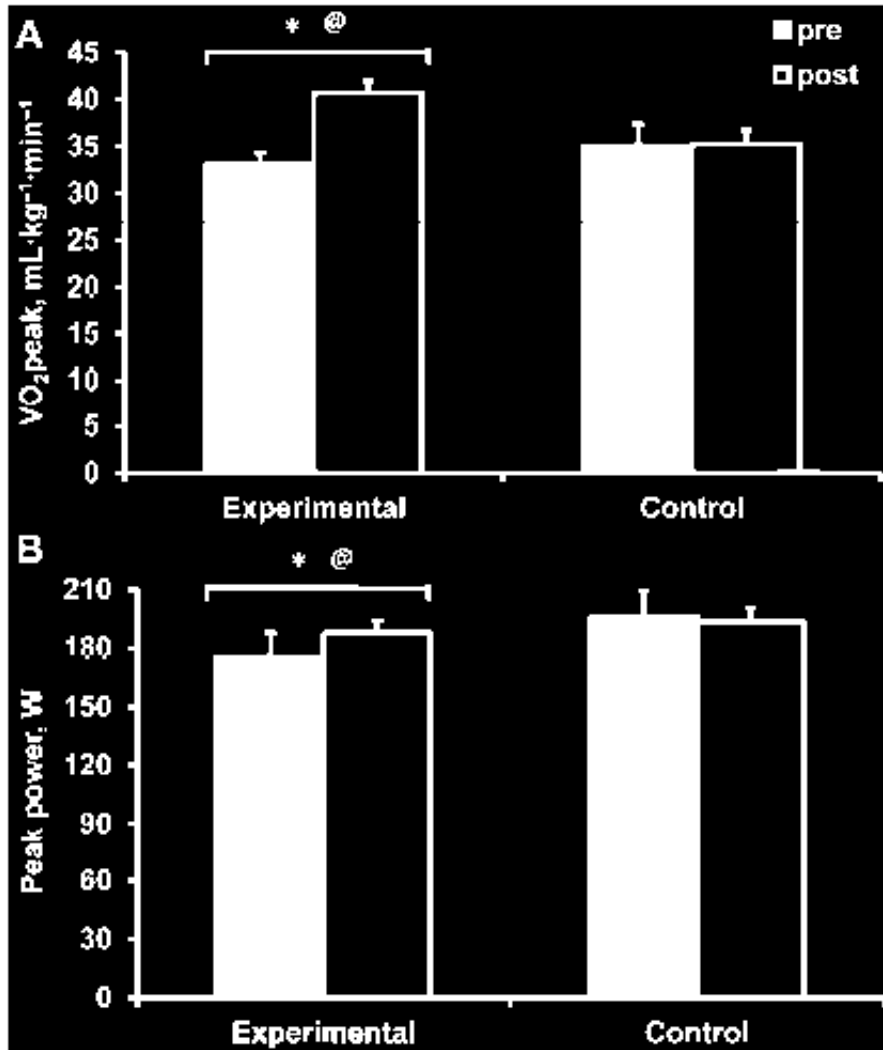
4 недели, 3 раза в неделю  
была доп работа

Две группы:

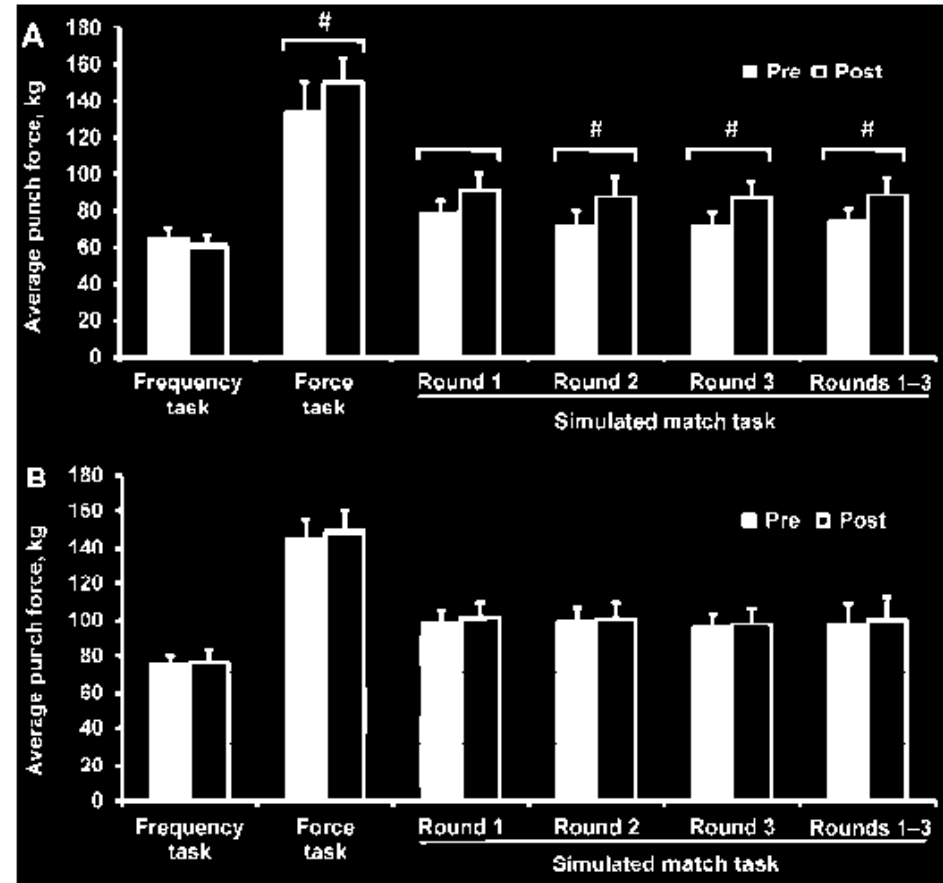
- ЭГ 3 раунда на мешке  
включали 14 3-х секундных  
спринтов во всю с 10-ти  
секундным отдыхом, отдых  
между раундами 1 минута.
- КГ то же самое, но с низкой  
интенсивностью. (60 мин и  
более без усталости)

# СПЕЦИФИЧНАЯ СИТ (RST, SIT) – ТРЕНИРОВКА В БОКСЕ

МПК руками



Мощность руками



Средняя сила удара ДО и ПОСЛЕ 4-х недель:

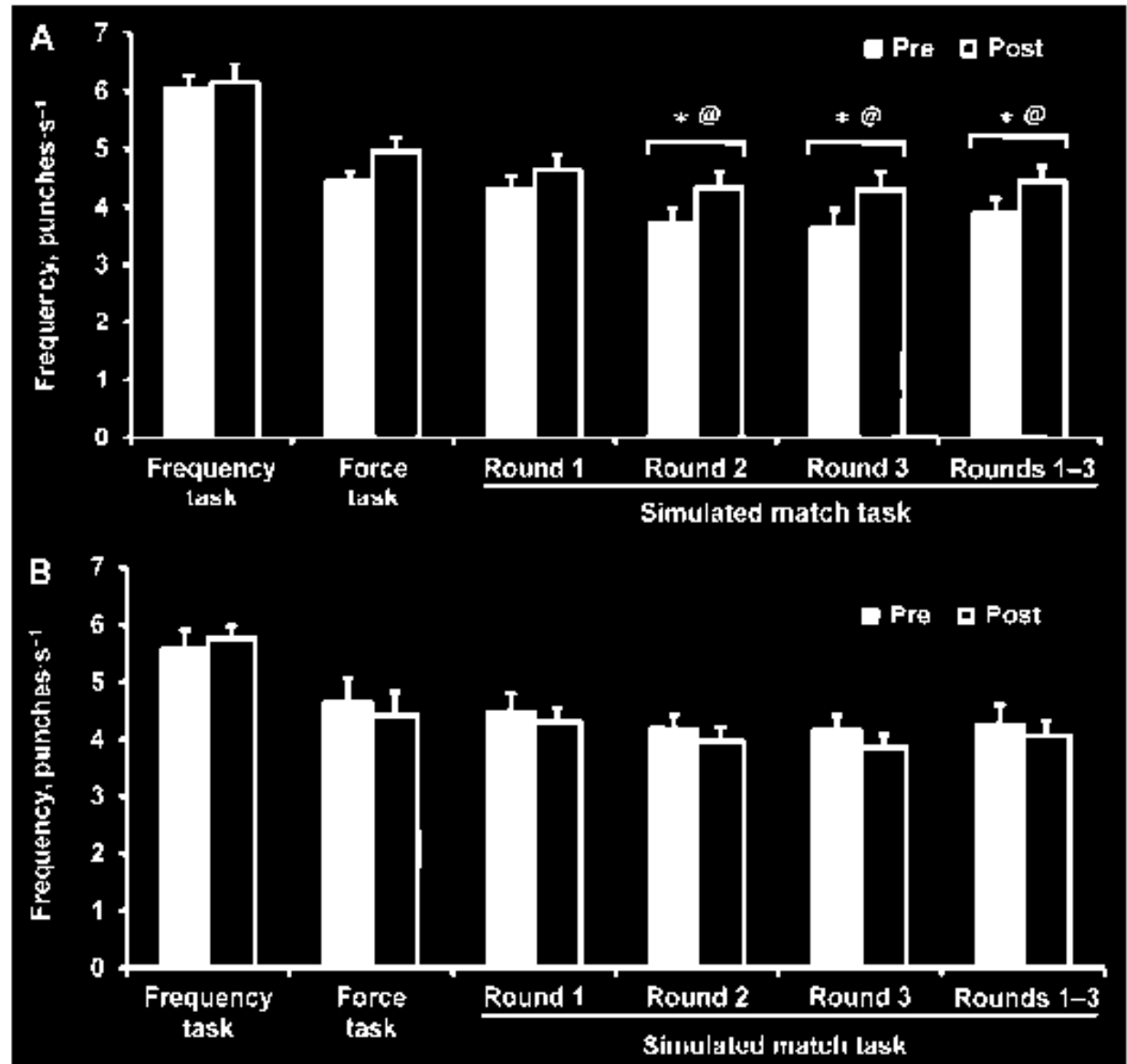
A – экспериментальная группа

B - контрольная



# СПЕЦИФИЧНАЯ СИТ (RST, SIT) – ТРЕНИРОВКА В БОКСЕ

Средняя частота ударов  
ДО и ПОСЛЕ 4-х недель:  
А – экспериментальная  
группа  
В - контрольная

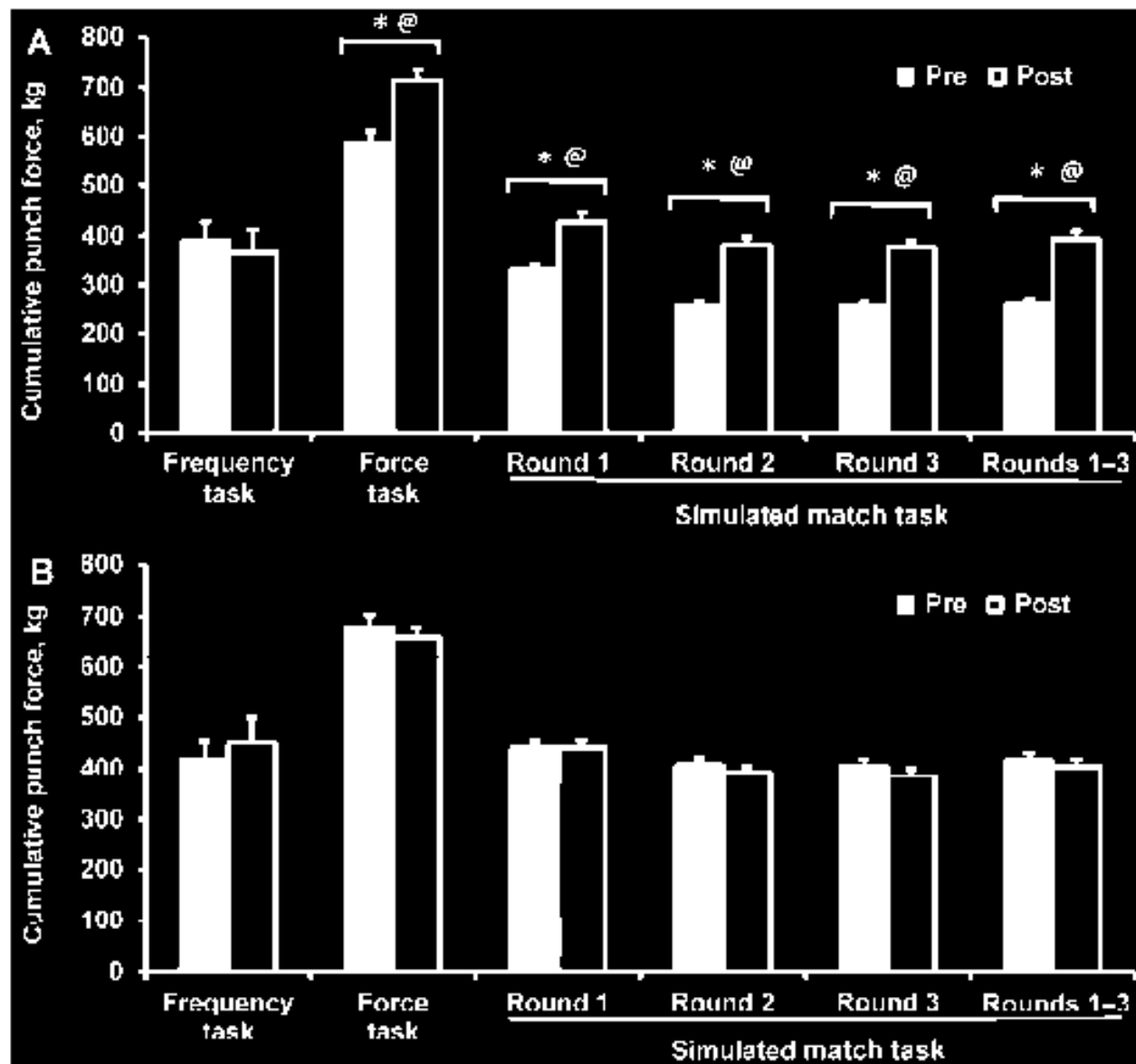


# СПЕЦИФИЧНАЯ СИТ (RST, SIT) – ТРЕНИРОВКА В БОКСЕ

Суммарная средняя  
сила удара ДО и ПОСЛЕ  
4-х недель:

А – экспериментальная  
группа

В - контрольная



## Effects of plyometric exercise training with external weights on punching ability of experienced amateur boxers

Vidas BRUZAS, Sigita KAMANDULIS, Tomas VENCKUNAS, Audrius Snieckus \*, Pranas MOCKUS

Institute of Sport Science and Innovations, Lithuanian Sports University, Kaunas, Lithuania

\*Corresponding author: Audrius Snieckus, Lithuanian Sports University, Sporto 6, LT-44221 Kaunas, Lithuania. E-mail: [audrius.snieckus@lsu.lt](mailto:audrius.snieckus@lsu.lt)

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** During competition, a boxer must continue to deliver high-impact punches despite increasing fatigue. It is unclear whether the effects of plyometric training using external weights are transferred to sport-specific movements such as punching. The aim of the study was to investigate the effects of a 4-week cycle of plyometric training with external weights on punching ability.

**METHODS:** The study involved eight male amateur boxers aged 22.3±2.5 years with at least 7 years of competitive experience. They performed 12 plyometric training sessions, each comprising eight exercises of various muscle groups performed at maximum movement velocity. Six drills were performed with external weights, and two drills were performed using the body weight as resistance. All exercises required coordination. The punching ability was tested at baseline and after the 4 weeks of training using the Kiktest-100 boxing bag.

**RESULTS:** The force of single punches and the frequency of punches within a series did not change from before to after the 4 weeks, except for increased power in the rear-hand low punch ( $P=0.05$ ). However, there was an increase in cumulative force and energy output within 3 s and 8 s, and in a series of eight 8-s tests ( $P<0.05$ ).

**CONCLUSIONS:** Four weeks of plyometric training with external weights did not change the maximum punching power or movement frequency significantly, but had a beneficial effect on punching power endurance in boxers.

(Cite this article as: Bruzas V, Kamandulis S, Venckunas T, Snieckus A, Mockus P. Effects of plyometric exercise training with external weights on punching ability of experienced amateur boxers. *J Sports Med Phys Fitness* 2018;58:221-6. DOI: 10.23736/S0022-4707.16.06674-3)

**Key words:** Athletes - Plyometric exercise - Boxing.

Boxing is combat sport require complex physical, functional and physiological characteristics. Muscle strength and power in both the upper and lower limbs generates boxing punches explosiveness.<sup>1</sup> To succeed, a boxer must continue to deliver high-impact punches despite increasing fatigue during a competitive fight.<sup>2,3</sup> Davis *et al.*<sup>4</sup> reported that boxers at the elite amateur level execute about 20 punches per minute over three rounds lasting ~200 s each. According to the modern rules of the sport, the winner in a boxing match is decided mainly on the accuracy and strength of punches, which must be convincing enough to be scored by the judges. It is also possible that a single punch can cause knockout, in which case the winner is decided unam-

biguously and immediately. At the elite level, the absolute punch force can be >4000 N for straight and hook punches, a value that indicates the muscle power of a highly developed fighter.<sup>1, 5-7</sup>

To increase muscular power and efficiency of specific movements, various exercises including ballistic, plyometric, and weightlifting training have been used with different degrees of success across many sports.<sup>8-10</sup> Plyometric training is among the most popular types of dynamic resistance training among individuals aiming to increase muscular power and explosiveness.<sup>11</sup> When performing plyometric exercise, a rapid stretching of a muscle (eccentric action) is immediately followed by a concentric, or shortening, action.<sup>12, 13</sup> During the ec-

# ПЛИОМЕТРИКА И УДАРНЫЕ СПОСОБНОСТИ

В исследовании приняли участие восемь боксеров-мужчин в возрасте 22,3 ± 2,5 года с опытом не менее 7 лет. Они выполнили 12 плиометрических тренировок, внутри 8 упражнений для различных групп мышц, выполняемых с максимальной скоростью движения. 6 упражнений были выполнены с внешними весами и 2 упражнения с использованием веса тела. Ударные характеристики были проверены на начальном этапе и после 4 недель тренировок с использованием боксерского мешка Kiktest-100.

Bruzas V, Kamandulis S, Venckunas T, Snieckus A, Mockus P. Effects of plyometric exercise training with external weights on punching ability of experienced amateur boxers. *J Sports Med Phys Fitness* 2018;58:221-6.

# ПЛИОМЕТРИКА И УДАРНЫЕ СПОСОБНОСТИ

## СОДЕРЖАНИЕ ПЛИОМЕТРИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК

TABLE I.—*Plyometric training sessions.*

Muscles involved; exercise	Series	Repe-titions	Rest between series, s	Rest between exercises, s	Overload	Remarks
Arm, back, and legs; throwing the metal bar upward with bent arms	3	10	90	300	~15% BW	Reverse pickup, hands at shoulder width
Back, abdominal, legs, and shoulders; barbell disc waving with hands from side to side in a standing position	3	10	90	300	~15% BW	Arms slightly bent, feet at a comfortable width
Legs; jumping down from a 60cm height followed by a rebound jump	3	10	90	300	Hands hitting the air	Feet shoulder width apart, minimal bending of knees. Rest between each jump - 15 s
Upper body; push-ups	3	10	90	300	Legs on 15 cm box	Hands shoulder width, back straight
Abdominal; leg lifts while lying on back	3	10	90	300	1 kg on each leg	Partner pushes the legs down explosively
Arm, chest, and legs; hitting the air with straight (exercise 1), side (exercise 2), and low (exercise 3) punches with weight in each hand	3 per exercise	10	90	300	1 kg for subjects of <69 kg BW; 1.5 kg for subjects of >69 kg BW	Feet at a comfortable width, minimal knees bending

BW: body weight.

# ПЛИОМЕТРИКА И УДАРНЫЕ СПОСОБНОСТИ

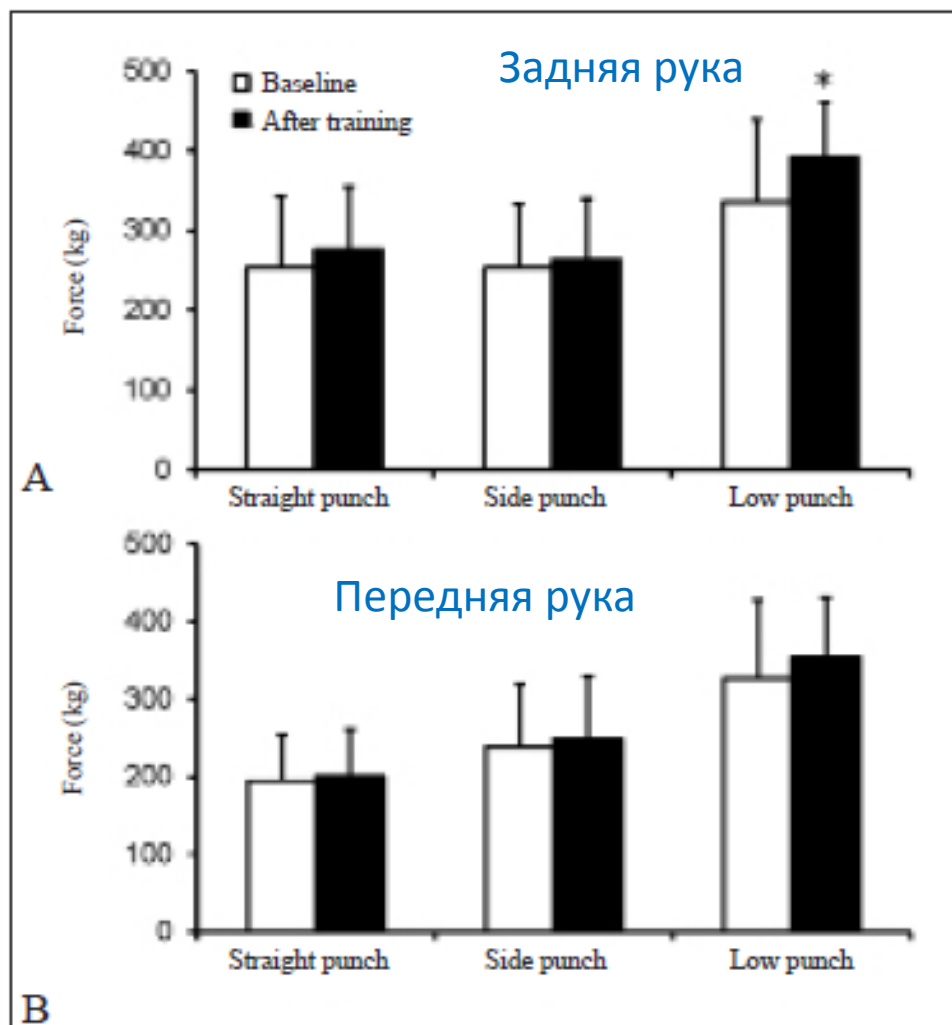
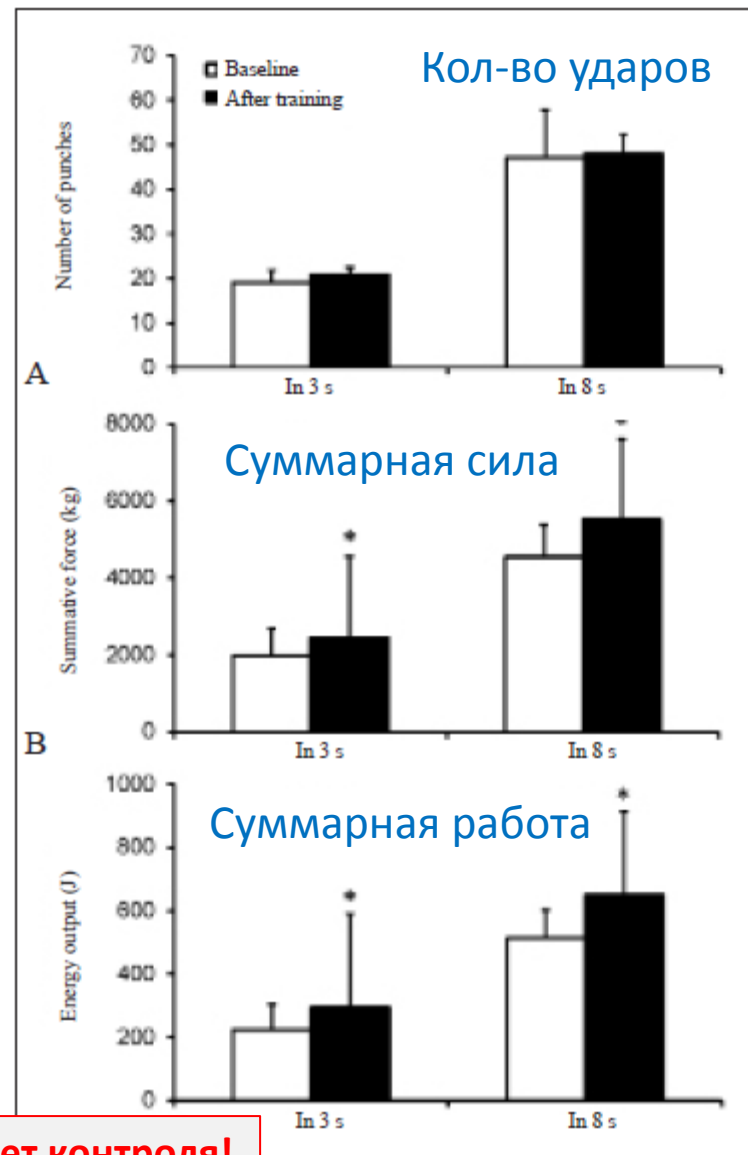


Figure 1.—Force of single straight, side and low punches with rear (A) and front (B) hand.

\* $P < 0.05$  compared with baseline.



**Слабость исследования – нет контроля!**



## AEROBIC CAPACITY IS CORRELATED WITH THE RANKING OF BOXERS<sup>1, 2</sup>

VIDAS BRUZAS, ARVYDAS STASIULIS, ALGIRDAS CEPULENAS, PRANAS MOCKUS,  
BIRUTE STATKEVICIENE, AND VITALIJUS SUBACIUS

*Lithuanian Sports University, Kaunas, Lithuania*

**Summary.**—The goal was to assess the aerobic capacity of boxers and its relation with sport mastery. Participants were 12 boxers from the Lithuanian national team ( $VO_{2max} = 58.05 \pm 5.00$  ml/kg/min) of different weight classes. Their sport mastery ranking was established according to their achieved results during the last years of participation in amateur boxing contests. In a graduated treadmill running test, the boxers' aerobic capacity indices were established. Running speed at first and second ventilatory thresholds,  $VO_{2max}$ , and maximal oxygen pulse had moderate to strong correlations with the boxers' sport mastery ranking. Aerobic capacity is an important fitness component of boxers in all weight categories. Special attention should be paid to development of cardiac capacity in the boxers' training processes, as with aerobic power and anaerobic threshold training.

Contest boxing matches are characterized by dynamic movement, changing situations, a variety of blows and defensive actions, and great mental stress (Smith, Dyson, Hale, & Janawy, 2000; Cynarski & Litwiniuk, 2002; Guidetti, Musulin, & Baldari, 2002; Hatmaker & Werner, 2004; Schinke, 2007). During a match, boxers have to maintain the intensity of the fight, force of blows, and speed and accuracy of movements even when fatigue increases (Weltman & Regan, 1983; Ghosh, Goswami, & Ahuja, 1995; Chatterjee, Banerjee, Majumdar, & Chatterjee, 2005). The energy supply to the boxer's body during the competition depends on the development of aerobic and anaerobic energy production and interaction (Ghosh, *et al.*, 1995; Guidetti, *et al.*, 2002; Crisfulli, Vitelli, Cappai, Milia, Tocco, Melis, *et al.*, 2009).

Aerobic capacity affects endurance, i.e., the ability to resist fatigue and maintain the high intensity of a match (Ghosh, *et al.*, 1995; Chatterjee, *et al.*, 2005; Khanna & Manna, 2006; Smith, *et al.*, 2006). During an intensive boxing match, boxers' oxygen pulse can amount to 85–100% of maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ; Ghosh, 2010). The higher (closer to  $VO_{2max}$  limit) the anaerobic threshold of boxers, the better is their ability to maintain higher intensity and resist fatigue (Karlson, Bonde-Petersen, Henriksson, & Knuthen, 1975; Weltman & Regan, 1983; Hogan & Smith, 1994; Guidetti, *et al.*, 2002). A high anaerobic threshold in boxers can help them avoid the

# АЭРОБНАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КОРРЕЛИРУЕТ С РЕЙТИНГОМ БОКСЕРА

Участниками исследования стали 12 боксеров из сборной Литвы. команда (М возраст = 21,8 лет, SD = 3,4; М рост = 1,82 м, SD = 0,97; М вес = 79,2 кг, SD = 13,8 кг; Жир = 10,5%, SD = 3,5). Среди них 5 призеров чемпионата Европы по и 7 обладатели медалей на чемпионате Литвы. Боксеры были ранжированы в соответствии с их спортивными достижениями за последний год по успехам на международных турнирах и внутренних турнирах AIBA.



# АЭРОБНАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КОРРЕЛИРУЕТ С РЕЙТИНГОМ БОКСЕРА

V. BRUZAS, ET AL.

TABLE 2  
DESCRIPTIVE STATISTICS OF AEROBIC CAPACITY  
PARAMETERS AND THEIR CORRELATION WITH BOXERS' SPORT  
MASTERY RANKING

Measure	M	SD	$\rho$
VT1, km·hr <sup>-1</sup>	10.57	1.58	.66*
VT2, km·hr <sup>-1</sup>	15.14	2.99	.82†
VO <sub>2</sub> max, l·min <sup>-1</sup>	4.46	0.78	.78†
VO <sub>2</sub> max, ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup>	58.03	3.00	.63*
VO <sub>2</sub> max, ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> (0.75)	171.38	13.01	.79†
VO <sub>2</sub> max, ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> (0.944)	73.92	4.13	.70†
VEmax, l·min <sup>-1</sup>	167.15	25.93	.87†
TVmax, l	2.77	0.56	.79†
BFmax, l·min <sup>-1</sup>	67.94	6.17	-.25
Oxygen pulse max, ml·beat <sup>-1</sup>	23.73	4.40	.88†
Oxygen pulse max, ml·(beat·m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	12.06	1.31	.95†
HRmax, beats·min <sup>-1</sup>	192.3	7.8	-.29

Note.— $\rho$ =Spearman rank order correlation with boxing ranking. \* $p < .05$ . † $p < .01$ . 0.75 = mass exponent traditionally used for allometric scaling of aerobic power; 0.944 = mass exponent calculated in this study for allometric scaling of aerobic power.

Кислородный  
пульс  
(«Размер  
сердца»)

Коэффициент корреляции

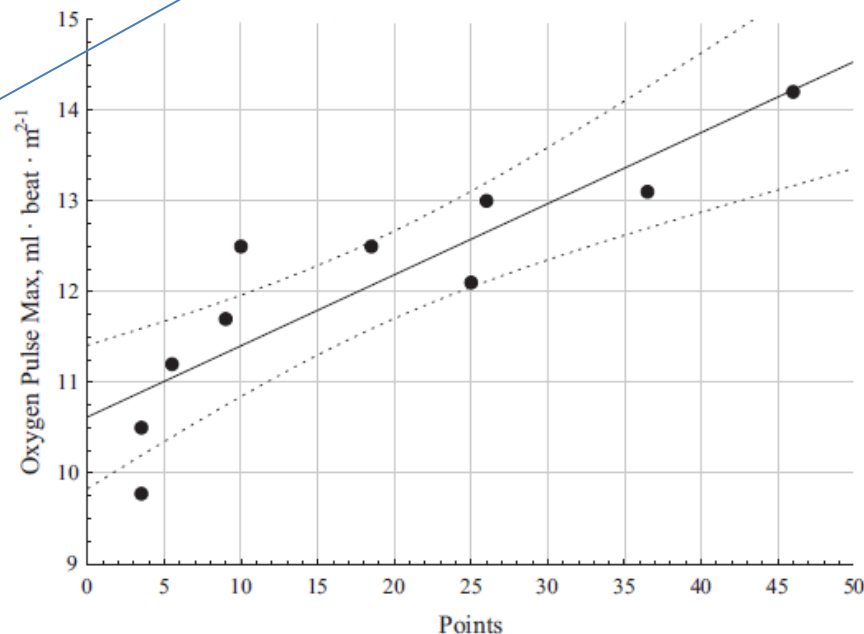


FIG. 1. Correlation between boxers' maximal oxygen pulse and their sport mastery ranking points.

Очки рейтинга

Bruzas V, Stasiulis A, Cepulenas A, Mockus P, Statkeviciene B, Subacius V. Aerobic capacity is correlated with the ranking of boxers. Percept Mot Skills. 2014 Aug;119(1):50-8

## АЭРОБНАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КОРРЕЛИРУЕТ С РЕЙТИНГОМ БОКСЕРА

Важно отметить, что максимальный кислородный пульс (как абсолютный, так и относительный) продемонстрировал сильнейшую корреляцию с рейтингом спортивного мастерства боксеров.

Чем выше кислородный пульс, тем больше доставляет кислорода сердце с каждым ударом, мышцы лучше снабжаются кислородом и боксер демонстрирует больше физической работоспособности.

Кислородный пульс связан с ударным объемом.

Особое внимание должно быть уделено развитию производительности сердца в тренировках боксеров.

**НЕОБХОДИМО БЫТЬ БОЛЕЕ АККУРАТНЫМ В ТРАКТОВКЕ – «ПОСЛЕ НЕ ЗНАЧИТ В СЛЕДСТВИЕ!»**

## Amateur Boxing: Physical and Physiological Attributes

Helmi Chaabène · Montassar Tabben · Bessem Mlaouer · Emerson Franchini · Yassine Negra · Mehrez Hammami · Samiha Amara · Raja Bouguezzi · Chaabène · Younés Hachana

Published online: 31 October 2014  
© Springer International Publishing Switzerland 2014

**Abstract** Boxing is one of the oldest combat sports. The aim of the current review is to critically analyze the amateur boxer's physical and physiological characteristics and to provide practical recommendations for training as well as new areas of scientific research. High-level male and female boxers show a propensity for low body fat levels. Although studies on boxer somatotypes are limited, the available information shows that elite-level male boxers are characterized by a higher proportion of mesomorphy with a well-developed muscle mass and a low body fat level. To help support the overall metabolic demands of a boxing match and to accelerate the recovery process between rounds, athletes of both sexes require a high level of cardiorespiratory fitness. International boxers show a high peak and mean anaerobic power output. Muscle

strength in both the upper and lower limbs is paramount for a fighter's victory and is one of the keys to success in boxing. As boxing punches are brief actions and very dynamic, high-level boxing performance requires well-developed muscle power in both the upper and lower limbs. Albeit limited, the available studies reveal that isometric strength is linked to high-level boxing performance. Future investigations into the physical and physiological attributes of boxers are required to enrich the current data set and to help create a suitable training program.

### Key Points

High-level boxers present low body fat and high muscle mass percentages.

Elevated cardiorespiratory fitness is important to amateur boxers to support the metabolic demand of the combat and to provide a faster recovery between rounds.

Well-developed muscle strength, muscle power and anaerobic power and capacity are key components to success in boxing.

H. Chaabène (✉)  
Tunisian Research Laboratory "Sports Performance Optimization", National Center of Medicine and Science in Sports (CNMSS), Tunis, Tunisia  
e-mail: chaabnehelmi@hotmail.fr

M. Tabben  
CETAPS EA 3832, University of Rouen, Mont Saint Aignan, France

B. Mlaouer · S. Amara  
Higher Institute of Sports and Physical Education, Manouba University, Tunis, Tunisia

E. Franchini  
Martial Arts and Combat Sports Research Group, School of Physical Education and Sport, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil

Y. Negra · M. Hammami · R. B. Chaabène · Y. Hachana  
Research Unit "Sport Performance and Health" Higher Institute of Sport and Physical Education of Ksar Said, Tunis, Tunisia

### 1 Introduction

Boxing, which is called the "noble art" and is historically known as pugilism, is one of the oldest combat sports across all of human culture. According to the International Boxing Association, the first proof of boxing's appearance

# ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ БОКС: ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

## СОСТАВ ТЕЛА И СОМАТОТИП

**Table 1** Body fat percentage of amateur boxing athletes (data are presented as the mean  $\pm$  SD)

Athlete characteristics ( <i>n</i> )	Body mass (kg)	Body fat (%) [range]	Method (prediction equation reference)	References
<b>Males</b>				
Indian national-level				Khanna and Manna [16]
Junior ( <i>n</i> = 30)	53.6 $\pm$ 4.1	12.2 $\pm$ 1.1	Siri [29]	
Senior ( <i>n</i> = 30)	76.7 $\pm$ 10.9	16.4 $\pm$ 3.8		
Indian junior national-level				Khanna and Manna [16]
Light-weight ( <i>n</i> = 7)	53.1 $\pm$ 3.5	12.2 $\pm$ 1.1	Siri [29]	
Medium-weight ( <i>n</i> = 7)	63.4 $\pm$ 3.2	11.6 $\pm$ 1.0		
Heavy-weight ( <i>n</i> = 7)	74.6 $\pm$ 5.4	11.2 $\pm$ 1.2		
England international-level			Durnin and Womersley [30]	Smith [15]
Senior ( <i>n</i> = 23)	NR	9.1 $\pm$ 2.3 [4.7–13.5]		
Junior ( <i>n</i> = 73)	NR	10.1 $\pm$ 2.6 [5.0–17.7]		
Elite-level boxers from different nationalities			Durnin and Rahman [31]	Di Prampero et al. [32]
White boxers ( <i>n</i> = 9)	NR	14.0 $\pm$ 1.1		
Black boxers ( <i>n</i> = 12)	NR	11.4 $\pm$ 1.0		
Polish national-level ( <i>n</i> = 34)	71.8 $\pm$ 15.1	9.4 $\pm$ 5.2	Durnin and Womersley [30]	Hübner-Woźniak et al. [33]

## СОСТАВ ТЕЛА И СОМАТОТИП

Стр.2

Elite-level boxers from different nationalities			Durnin and Rahman [31]	Di Prampero et al. [32]
White boxers ( $n = 9$ )	NR	$14.0 \pm 1.1$		
Black boxers ( $n = 12$ )	NR	$11.4 \pm 1.0$		
Polish national-level ( $n = 34$ )	$71.8 \pm 15.1$	$9.4 \pm 5.2$	Durnin and Womersley [30]	Hübner-Woźniak et al. [33]
Malaysian national-level ( $n = 7$ )	$56.9 \pm 6.2$	$14.3 \pm 2.0$	Durnin and Womersley [30]	Ismail et al. [34]
Egyptian elite-level ( $n = 17$ )	$73.8 \pm 5.1$	$14.4 \pm 1.9$ [11.8–17.54]	NR	El-Ashker and Nasr [14]
American recreational-level ( $n = 18$ )	$71.5 \pm 12.6$			Kravitz et al. [36]
Male ( $n = 12$ )		$16.1 \pm 7.3$ [4.8–28.6]	Siri [29] for male	
Female ( $n = 6$ )		Value for both male and female	Lohman [35] for female	
South African novice-level ( $n = 8$ )	$78.0 \pm 5.4$	$14.4 \pm 5.5$ [8.1–24.8]	Durnin and Womersley [30]	Bellinger et al. [37]
Brazilian regional-level ( $n = 6$ ) [two junior and four senior boxers]	$56.9 \pm 12.2$	$12.7 \pm 5.3$	Jackson and Pollock [38]	de Lira et al. [39]
Italian elite-level	$77.4 \pm 1.4$	$14.5 \pm 1.5$	Durnin and Womersley [30]	Guidetti et al. [5]
Caucasian club-level ( $n = 12$ )	$77.9 \pm 8.1$	$22.4 \pm 3.9$	Parizkova [40]	Giovani and Nicolaidis [28]
Polish national-level male ( $n = 13$ )	$71.8 \pm 15.1$	$9.4 \pm 5.2$	Near-infrared interactance instrument (Futrex 6100/XL, USA)	Hübner-Woźniak et al. [41]
<b>Females</b>				
Canadian club-level ( $n = 11$ )	$58.7 \pm 7.9$	$14.6 \pm 2.0$	Total body dual-energy X-ray absorptiometry scan	Trutschnigg et al. [21]
Brazilian regional-level ( $n = 4$ ) [two junior and two senior boxers]	$61.2 \pm 6.6$	$22.0 \pm 3.5$	Jackson et al. [42]	de Lira et al [39]
Indian elite-level ( $n = 20$ )	$57.6 \pm 7.7$	$26.8 \pm 2.8$	NR	Chatterjee et al. [43]

NR information not reported

**Table 2** Maximum oxygen uptake of amateur boxing athletes (data are presented as the mean  $\pm$  SD)

Athlete characteristics ( <i>n</i> )	Ergometer	$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg/min) [range]	References
<b>Males</b>			
Indian national-level	Treadmill		Khanna and Manna [16]
Junior ( <i>n</i> = 30)		54.6 $\pm$ 4.6	
Senior ( <i>n</i> = 30)		61.7 $\pm$ 9.0	
Junior light-weight ( <i>n</i> = 7)		58.3 $\pm$ 2.2	
Junior medium-weight ( <i>n</i> = 7)		56.8 $\pm$ 2.1	
Junior heavy-weight ( <i>n</i> = 7)		51.5 $\pm$ 2.1	
England international-level	NR		Smith [15]
Senior ( <i>n</i> = 23)		63.8 $\pm$ 4.8 [53.1–70.0]	
Junior ( <i>n</i> = 26)		49.8 $\pm$ 3.3 [43.2–56.2]	
Elite-level boxers from different nationalities ( <i>n</i> = 21)	Estimated from the indirect method of Margaria et al. [51]		Di Prampero et al. [32]
White boxers ( <i>n</i> = 9)		49.9 $\pm$ 2.6	
Black boxers ( <i>n</i> = 12)		49.0 $\pm$ 2.0	
		(both values measured at 2,300 m above sea level)	
French elite-level ( <i>n</i> = 16)	Treadmill	62.2 $\pm$ 3.1	Vallier et al. [52]
English novice boxers ( <i>n</i> = 10)	Treadmill	59.8 $\pm$ 4.3 [56.7–62.9]	Davis et al. [12]
Indian elite-level ( <i>n</i> = 6)	Treadmill	59.5 $\pm$ 4.7	Ghosh [53]
Indian national-level senior boxers ( <i>n</i> = 26)	Treadmill	54.5 $\pm$ 4.5	Ghosh et al. [48]
Greek national-level ( <i>n</i> = NR)	NR	55.8 (SD = NR)	Sevas et al. [54]
Hungarian boxers ( <i>n</i> = NR)	Treadmill	56.6 (SD = NR)	Joko [55]
Egyptian elite-level ( <i>n</i> = 17) [ $\dot{V}O_{2max}$ recorded before and after 8 weeks (32 sessions, ~53 h) of a training program]	Treadmill	58.2 $\pm$ 6.9 (before) 64.6 $\pm$ 7.2 (after)	El-Ashker and Nasr [14]



American recreational-level ( $n = 18$ ); male ( $n = 12$ ), female ( $n = 6$ )	Treadmill	$41.0 \pm 6.5$ [29.4–52.3] (value for both male and female)	Kravitz et al. [36]
International male boxers ( $n = NR$ )	NR	$65.0$ (SD = NR)	Astrand and Rodahl [45]
Turkish elite-level ( $n = 5$ )	Cycle ergometer	$60.6 \pm 3.9$	Baltaci et al. [56]
German elite-level boxers training at moderate altitude; male ( $n = 16$ )	Treadmill		Friedmann et al. [57]
Experimental group ( $n = 9$ )		$61.0 \pm 4.9$ (before) $63.1 \pm 3.6$ (after)	
Control group ( $n = 7$ ) (values before and after a training program of 18 days at moderate altitude)		$62.1 \pm 3.6$ (before) $61.6 \pm 5.7$ (after)	
German elite-level boxers training at low altitude; male ( $n = 13$ ) (values before and after a training program of 14 days at low altitude)		$60.5 \pm 7.5$ (before) $58.8 \pm 6.0$ (after)	
Indian national-level ( $n = 8$ )	Treadmill	$49.3 \pm 6.1$	Garg and Ghosh [58]
Indian national-level ( $n = 7$ )	Treadmill	$57.9 \pm 2.4$	Ghosh et al. [48]
French national-level ( $n = 13$ )	Treadmill	$64.7 \pm 6.3$	Jousselin et al. [59]
Novice-level ( $n = 10$ ) (nationality = NR)	Cycle ergometer	$52.4$ (SD = NR)	Khedr [60]
Amateur Boxing Physiology			343

Table 2 continued

Athlete characteristics ( $n$ )	Ergometer	$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg/min) [range]	References
Canadian experienced-level ( $n = 9$ )	Treadmill	$62.2 \pm 4.1$ [53.6–66.2]	Arseneau et al. [50]
Brazilian regional-level ( $n = 10$ ); male ( $n = 6$ ), female ( $n = 4$ )	Treadmill	$52.2 \pm 7.2$ (value for both male and female)	de Lira et al. [39]
Italian elite-level male ( $n = 8$ )	Treadmill	$57.5 \pm 4.7$	Guidetti et al. [5]
Females			
Indian elite-level ( $n = 45$ ) ( $\dot{V}O_{2max}$ recorded before and after 6-week training camp)	Treadmill	$48.6 \pm 6.8$ (before) $50.9 \pm 7.4$ (after)	Chatterjee et al. [43]
Indian elite-level ( $n = 20$ )	Treadmill	$52.1 \pm 6.9$	Chatterjee et al. [43]
Indian national and university-level ( $n = 11$ )	$\dot{V}O_{2max}$ estimated from RHR and MHR [ $\dot{V}O_{2max} = 15.3 * (MHR / RHR)$ ]	$44.4 \pm 3.3$	Kumar et al. [49]

$\dot{V}O_{2max}$  maximum oxygen uptake, *MHR* maximal heart rate, *NR* information not reported, *RHR* resting heart rate

Готовность сердечно-сосудистой системы является одним из наиболее важных аспектов физической подготовки в олимпийском боксе.

Хорошо развитая «аэробика» помогает боксеру поддерживать повторяющиеся действия высокой интенсивности в поединке и ускорить процесс восстановления. Уровень аэробной подготовленности боксеров определяется измерением максимального потребления кислорода ( $VO_{2max}$ , МПК) в тесте на велоэргометре или беговой дорожке в лаборатории. Средние значения  $VO_{2max}$ , указанные в научной литературе варьируется от 49 до 65 мл / кг / мин для мужчин и между 44 и 52 мл / кг / мин для женщин. Средние значения  $VO_{2max}$ , сообщаемые у боксеров-любителей, сравнимы с теми, которые ранее были установлены для других единоборств: борьба (от 53 до 56 мл / кг / мин) [20], каратэ (диапазон от 47 до 61 мл / кг / мин. для мужчин) [18], тхэквондо (диапазон от 44 до 63 мл / кг / мин и от 40 до 51 мл / кг / мин для мужчин и женщин, соответственно) [17] и дзюдо (диапазон от 50 до 60 мл / кг / мин и от 40 до 50 мл / кг / мин для мужчин и женщин, соответственно) [19]. Эти выводы подчеркивают, что, любительский бокс, нуждается в высокой производительности сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

**В целом, из исследований, представленных выше, можно предположить, что уровень кардиореспираторной подготовленности должен рассматриваться тренерами и учеными спорта как первый ориентир для улучшения и мониторинга тренированности боксера. Все протоколы тестирования представлены выше (то есть бег на беговой дорожке и / или езда на велосипеде) были далеко не специфичны для бокса, дальнейшие исследования необходимы в условиях специальной работы.**

# АНАЭРОБНАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БОКСЕРА

30-с Вингейт анаэробный тест широко признан как наиболее действительный метод оценки работоспособности системы АТФ-КрФ и гликолитической системы [67]. Несколько исследований, представленных в Таблице 3 показали, что пиковая и средняя выходная мощность значения боксеров мужского пола были сопоставимы с ранее создан для дзюдо [19], тхэквондо [17] и каратэ [18], но немного ниже, чем значения высококвалифицированных борцов мужского пола [20].

В этом контексте Hubner-Wozniak et al. предположили, что относительный максимум и средняя мощность нижних конечностей оцениваемая по тесту Wingate была значительно выше у борцов по сравнению с боксерами. Хотя производительность в любительском боксе зависит от анаэробных способностей, борьба, кажется, немного более анаэробным видом спорта

# АНАЭРОБНАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БОКСЕРА

В свете того факта, что основной целью боксеров является преуспеть в нанесении чистых и мощных ударов противнику, оценка силы мышц верхней конечностей очень важна. Существует только несколько исследований, которые количественно оценили силу и мощность рук у боксеров. Значения, представленные в таблице 3, были сопоставимы с данными, установленными у спортсменов по дзюдо [19] и Олимпийских борцов [69].

Анаэробная производительность связана с выступлениями в любительском боксе. Дополнительно необходима разработка норм для боксеров разной квалификации по этим тестам.

**Table 3** Anaerobic test performance of amateur boxing athletes (data are presented as the mean  $\pm$  SD)

Athlete characteristics ( <i>n</i> )	Peak power (W)	Peak power (W/kg)	Mean power (W)	Mean power (W/kg)	References
Indian male national-level (Wingate 30-s test)					Khanna and Manna [16]
Junior ( <i>n</i> = 30)	NR	NR	NR	4.9 $\pm$ 0.7	
Senior ( <i>n</i> = 30)	NR	NR	NR	6.5 $\pm$ 0.5	
Serbian male elite-level ( <i>n</i> = 14) (Wingate 30-s test)	715.1 $\pm$ 90.3	9.3 $\pm$ 1.2	517.3 $\pm$ 56.8	6.7 $\pm$ 0.9	Popadic Gacesa et al. [70]
Polish male national-level ( <i>n</i> = 34) (Wingate 30-s test)					Hübner-Woźniak et al. [33]
Upper limb	NR	8.4 $\pm$ 0.9	NR	6.3 $\pm$ 0.5	
		$P_{\text{peak}}$ (W/kg <sub>(FFM)</sub> ) = 9.3 $\pm$ 0.7	NR	$P_{\text{mean}}$ (W/kg <sub>(FFM)</sub> ) = 6.9 $\pm$ 0.4	
Lower limb	NR	9.8 $\pm$ 0.5	NR	8.6 $\pm$ 0.6	
		$P_{\text{peak}}$ (W/kg <sub>(FFM)</sub> ) = 10.8 $\pm$ 0.3	NR	$P_{\text{mean}}$ (W/kg <sub>(FFM)</sub> ) = 9.5 $\pm$ 0.4	
Caucasian club-level male ( <i>n</i> = 12) (force-velocity test)					Giovani and Nicolaidis [28]
Upper limb	445.0 $\pm$ 80.0 ( $P_{\text{max}}$ )	5.8 $\pm$ 1.1 ( $P_{\text{max}}$ )	NR	NR	
Lower limb	910.0 $\pm$ 138.0 ( $P_{\text{max}}$ )	11.8 $\pm$ 2.0 ( $P_{\text{max}}$ )	NR	NR	
Polish national-level male ( <i>n</i> = 13) (Wingate 30-s test); upper limb	NR	8.0 $\pm$ 0.9	NR	6.2 $\pm$ 0.6	Hübner-Woźniak et al. [41]

FFM fat-free mass, NR information not reported,  $P_{\text{max}}$  maximal power output,  $P_{\text{mean}}$  mean power output,  $P_{\text{peak}}$  peak power output

Очень интересное исследование Джовани и Николаидиса [28], проведенное на боксерах-любителях – предполагается, что максимальная мощность верхних и нижних конечностей значительно связаны друг с другом ( $r = 0,70$ ). Этот вывод означает, что боксеры с более высокой максимальной силой и мощностью в нижних конечностях способны демонстрировать более высокую максимальную мощность и силу в верхних [28]. Эти выводы были подтверждены предыдущими исследованиями, которые показали более высокую силу удара при заднем ударе из-за дополнительной роли нижней конечности [77, 78].

Эти наблюдения отражают важность для тренировочных программ, которые должны развивать силу как верхних, так и нижних конечностей у боксеров. Научные исследования по женщинам-боксерам не хватает.

В свете того факта, что мышечная сила является одним из определяющих фактором успеха в любительском боксе, будущие исследования должны быть направлены на поиск связи между возрастом, весовой категорией и уровнем техники и / или успеха боксера, чтобы разрабатывать правильные стратегии подготовки.



# ТОЛКАНИЕ ЯДРА

**Table 5** Muscular power performance of amateur boxing athletes (data are presented as the mean  $\pm$  SD)

Athlete characteristics ( <i>n</i> )	Upper limb shot put test (m)		Lower limb (cm)	References
	Right hand	Left hand		
Lithuanian elite-level male boxers ( <i>n</i> = 10) [values recorded before and after 2 microcycles (i.e., 2 weeks) of specific boxing training]	9.8 $\pm$ 1.4 (before)	9.1 $\pm$ 2.0 (before)	SLJ <sub>1</sub> : 225.7 $\pm$ 11.2	Cepulėnas et al. [90]
	10.2 $\pm$ 1.5 (after)	9.4 $\pm$ 1.8 (after)	SLJ <sub>2</sub> : 239.7 $\pm$ 12.7	
			CMJ <sub>arm1</sub> : 41.7 $\pm$ 3.0	
			CMJ <sub>arm2</sub> : 43.6 $\pm$ 4.3	
Polish national-level male boxers				Obmiński et al. [93]
Male ( <i>n</i> = 7)	9.2 $\pm$ 6.8	7.7 $\pm$ 5.5	NR	
Female ( <i>n</i> = 7)	6.8 $\pm$ 3.8	5.9 $\pm$ 4.1	NR	
Polish national-level female boxers ( <i>n</i> = 7) [values recorded before and after 2 microcycles (i.e., 2 weeks) of specific boxing training]	6.81 $\pm$ 0.76 (before)	6.26 $\pm$ 0.83 (before)	NR	Obmiński and Błach [95]
	7.28 $\pm$ 0.77 (after)	6.63 $\pm$ 0.82 (after)		

*CMJ<sub>arm1</sub>* counter movement jump with arm swing after 2 weeks of athletic training, *CMJ<sub>arm2</sub>* counter movement jump with arm swing after 2 weeks of specific training, *NR* information not reported, *SLJ<sub>1</sub>* standing long jump after 2 weeks of athletic training, *SLJ<sub>2</sub>* standing long jump after 2 weeks of specific training

# СИЛА ХВАТА

**Table 6** Hand-grip isometric strength performance of amateur boxing athletes (data are presented as the mean  $\pm$  SD)

Athlete characteristics ( <i>n</i> )	Hand grip strength performance (kg)		Measurement equipment	References
	Right hand	Left hand		
Mexican high-level male boxers ( <i>n</i> = 22) (values are for the right and left hands)			Harpden manual dynamometer graduated for kilogram-force	Ramirez Garcia et al. [96]
Light-weight	G: 36.1 $\pm$ 3.6 S: 38.4 $\pm$ 4.2 C: 36.5 $\pm$ 7.4	36.2 $\pm$ 1.7 36.6 $\pm$ 3.8 34.3 $\pm$ 7.4		
Middle-weight	G: 41.6 $\pm$ 2.3 S: 44.0 $\pm$ 3.6 C: 48.1 $\pm$ 3.9	42.0 $\pm$ 5.5 42.9 $\pm$ 4.1 46.4 $\pm$ 4.1		
Heavy-weight	G: 52.2 $\pm$ 8.4 S: 55.0 $\pm$ 6.4 C: 53.5 $\pm$ 7.6	49.6 $\pm$ 9.0 52.0 $\pm$ 9.5 50.7 $\pm$ 9.4		
Total boxers	G: 43.3 $\pm$ 8.6 S: 45.8 $\pm$ 8.4 C: 46.0 $\pm$ 1.6	42.6 $\pm$ 8.1 43.8 $\pm$ 8.9 43.9 $\pm$ 10.0		
Lithuanian elite-level male boxers ( <i>n</i> = 10)			NR	Cepulėnas et al. [90]
Values recorded after 2 microcycles (i.e., 2 weeks) of athletic training	53.9 $\pm$ 10.5	52.5 $\pm$ 9.2		
Values recorded after 2 microcycles (i.e., 2 weeks) of specific training	58.5 $\pm$ 12.1	56.7 $\pm$ 9.4		
Italian elite-level male ( <i>n</i> = 8)	58.2 $\pm$ 6.9 [dominant hand]		Spring device hand-grip dynamometer	Guidetti et al. [5]

*C* competitive preparation phase, *G* general preparation phase, *NR* information not reported, *S* specific preparation phase

# ИЗОМЕТРИЧЕСКАЯ СИЛА

Изометрическая сила хвата является важным показателем физической подготовленности [5, 73, 94]. В исследовании на итальянских элитного уровня боксерах-любителях, Guidetti et al. [5] установлено, изометрическая сила мышц, особенно верхней конечности (доминирующая рука), тесно связана с рейтингом боксера. Кроме того, Bruzas et al. [94] показали, что показатели силы рук коррелируют как с силой джеба и бокового удара ( $r = 0,74$  и  $r = 0,63$  соответственно). Эти выводы имеют особое значение для тренеров и могут помочь с разработкой правильных стратегий тренировок для боксеров. Рамирес Гарсия и др. [96] предположили, что кистевая динамометрия представляет собой косвенный показатель силы верхней конечности. В этом контексте это было выявлено, что еще одним из основных факторов, связанных с производительностью в любительском боксе - это уровень силы верхней части тела [5].

# ВЫВОДЫ ОБЗОРА

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что развитая аэробная мощность необходима для поддержания повторяющиеся интенсивных действий в любительском боксе, чтобы ускорить процесс восстановления и помочь в поддержании общего энергетического запаса. Хорошо установлено, что анаэробная мощность связана с производительностью в любительском боксе. Мышечная сила в обоих верхних и нижних конечностях имеют важное значение для уровня квалификации боксера. Настоящий обзор может дать понимание физических и физиологических требований к любительскому боксу. Тем не менее, до сих пор исследования физических / физиологических характеристик боксеров в отношении возраст, пол, уровень конкурентоспособности и успеха, весовых категорий очень скудны.

Таким образом, необходимы дополнительные исследования, а именно разработка аэробного специфического боксерского теста, который учтет технические особенности деятельности.

Также отсутствуют измерения силы ударов в условиях реального боя, и отдельных вкладов рук и ног в силу удара.

# EFFECTS OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING ON OLYMPIC COMBAT SPORTS ATHLETES' PERFORMANCE AND PHYSIOLOGICAL ADAPTATION: A SYSTEMATIC REVIEW

EMERSON FRANCHINI,<sup>1,2</sup> STUART CORMACK,<sup>2,3</sup> AND MONICA Y. TAKITO<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Sport Department, Martial Arts and Combat Sports Research Group, School of Physical Education and Sport, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil; <sup>2</sup>Combat Center, Australian Institute of Sport, Canberra, Australia; <sup>3</sup>School of Exercise Science, Australian Catholic University, Melbourne, Australia; <sup>4</sup>Human Movement Pedagogy Department, School of Physical Education and Sport, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil; and <sup>5</sup>University of Canberra, Canberra, Australia

## ABSTRACT

Franchini, E, Cormack, S, and Takito, MY. Effects of high-intensity interval training on Olympic combat sports athletes' performance and physiological adaptation: A systematic review. *J Strength Cond Res* 33(1): 242–252, 2019—Combat sports represent around 25% of all Olympic medals disputed, and the success in these sports are determined by technical-tactical excellence and supported by physiological and psychological development. Although the training in combat sports is intermittent training by nature, some researchers have started to focus their attention on the effects of complementary high-intensity interval training (HIIT)-coupled standard combat sports-specific training on morphological, physiological, and performance adaptations. Thus, in this systematic review, we aimed to verify the effects of this type of training on these variables. A total of 117 articles in the electronic databases Pubmed, Scopus, and Web of Science were retrieved, and 9 studies remained in the present systematic review. A total of 228 athletes (138 judo athletes, 40 taekwondo athletes, 18 boxers, 17 karate athletes, and 15 wrestlers) were investigated in these 9 studies (5 with judo athletes, 1 with boxers, 1 with karate athletes, 1 with wrestlers, and 1 with taekwondo athletes). The HIIT protocols investigated did not generate any change in body fat percentage or body mass but generally resulted in increases in  $\dot{V}O_{2\max}$  or  $\dot{V}O_{2\text{peak}}$  varying from 4.4 to 23.0%. However, the most observed benefit of HIIT protocols was an increase in anaerobic fitness, represented by improvements in anaerobic power and capacity.

**KEY WORDS** intermittent training, body composition, aerobic and anaerobic performance, martial arts

Address correspondence to Monica Y. Takito, [efranchini@usp.br](mailto:efranchini@usp.br), 33(1)/242–252

*Journal of Strength and Conditioning Research*  
© 2018 National Strength and Conditioning Association

242 *Journal of Strength and Conditioning Research*

# ВЛИЯНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ТРЕНИРОВКИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЕДИНОБОРЦЕВ: ОБЗОР 2019

Изучались только спортсмены  
Вмешательство минимум 4 нед

Было найдено 117 статей  
После оценки качества и удаления дубликатов в обзор вошло 9 (138 спортсменов по дзюдо, 40 спортсменов по тхэквондо, 18 боксеров, 17 каратэ спортсменов и 15 борцов) были исследованы в этих 9 исследованиях (5 со спортсменами по дзюдо, 1 с боксерами, 1 со спортсменами по каратэ, 1 с борцами и 1 со спортсменами по тхэквондо)

Franchini, E, Cormack, S, and Takito, MY. Effects of high-intensity interval training on Olympic combat sports athletes' performance and physiological adaptation: A systematic review. *J Strength Cond Res* 33(1): 242–252, 2019

# ВЛИЯНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ТРЕНИРОВКИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЕДИНОБОРЦЕВ: ОБЗОР 2019

Интенсивная интервальная тренировка обычно приводит к увеличению МПК. В спортивных единоборствах прирост МПК варьируется от 4,4 до 23,0%. Так как ранее сообщалось, что аэробные возможности способствуют более быстрому восстановлению, эти результаты предполагают, что интервальная тренировка высокой интенсивности может помочь улучшить восстановление между последовательными действиями высокой интенсивности или между раундами.

Кроме того, было найдено еще одно преимущество - интервальные протоколы высокой интенсивности способствовали повышению и анаэробной подготовленности – рост силы и мощности, которые могут принести пользу в бою.

Поскольку только в 2-х исследованиях изучались влияния специальных упражнений, выполняемых по протоколу интенсивной интервальной тренировки, будущие работы должны быть сосредоточены на переносе преимуществ интервальной тренировки высокой интенсивности на бой или специальные тесты в каждый из видов единоборств.



# Short-term low-volume high-intensity intermittent training improves judo-specific performance

# КРАТКОВРЕМЕННАЯ ИНТЕРВАЛКА И СПЕЦИАЛЬНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ В ДЗЮДО

## Authors' Contributions:

- A Study Design
- B Data Collection
- C Statistical Analysis
- D Manuscript Preparation
- E Funds Collection

Emerson Franchini<sup>SACDE</sup>, Ursula Ferreira Julio<sup>1BCD</sup>, Valéria Leme Gonçalves Panissa<sup>1BCD</sup>, Fábio Santos Lira<sup>2BD</sup>, Marcus Fabio Agostinho<sup>1BD</sup>, Bráulio Henrique Magnani Branco<sup>1BD</sup>

<sup>1</sup> School of Physical Education and Sport, University of São Paulo (USP), São Paulo, Brazil

<sup>2</sup> Exercise and Immunometabolism Research Group, Department of Physical Education, Paulista State University (UNESP), Presidente Prudente, São Paulo, Brazil

Received: 24 March 2016; Accepted: 05 July 2016; Published online: 24 August 2016

AOBID: 11028

## Abstract

### Background & Study Aim:

An important aspect concerning the specificity principle is related to the time structure of the sport. The aim of our study was the effects of short-term low-volume high-intensity intermittent training (HIIT) added to traditional judo training, on physiological and performance responses to judo-specific tasks.

### Material & Methods:

Thirty-five judo athletes were randomly allocated to a control group (n = 8) and 3 HIIT groups: (1) lower-body cycle-ergometer (n = 9); (2) upper-body cycle-ergometer (n = 9); (3) *uchi-komi* (technique entrance) (n = 9). All protocols were constituted by 2 blocks of 10 sets of 20 s of all-out effort, with 10 s interval between sets and 5 min between blocks, executed twice per week for 4 weeks. Pre and post-training the athletes performed the Special Judo Fitness Test (SJFT) and a match simulation, with blood lactate, hormones (cortisol, C, and testosterone, T) and muscle damage marker (creatinase kinase, CK, lactate dehydrogenase, LDH, aspartate aminotransferase, AST and alanine aminotransferase, ALT) measurements.

### Results:

There was an increase (p = 0.031) in the number of throws in the SJFT for the upper-body group, while decreasing the HR immediately after the SJFT and the number of sequences in standing position for the lower-body group (p < 0.001 and p = 0.034, respectively), the index in the SJFT for the *uchi-komi* group (p = 0.015) and the CK concentration (p = 0.014) in the match simulation for the upper-body group. T/C ratio increased (p = 0.028) after the match simulation in the post-training.

### Conclusion:

All training modes improved performance, biochemical and hormonal response to judo-specific performance, but each group adapted in a different way.

### Key words:

athletes • combat sport • training intensity • training load • *uchi-komi*

### Copyright:

© 2016 the Authors. Published by Archives of Budo

### Conflict of Interest:

All authors declared did not have financial support of any institution

### Ethical approval:

This study was approved by the local Ethics and Research Committee

### Provenance & peer review:

Not commissioned; externally peer reviewed

### Source of support:

This work was supported by the FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) under Grant number 2012/00220-8; Ursula Ferreira Julios was supported by FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) under Grant number 2011/22105-3; Valéria Leme Gonçalves Panissa was supported by FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) under Grant number 2011/22862-9.

### Author's address:

Emerson Franchini; School of Physical Education and Sport, University of São Paulo; Av. Prof. Mello Moraes, 65, Cidade Universitária, São Paulo 05508-030, Brazil; e-mail: efranchini@usp.br

# КРАТКОВРЕМЕННАЯ ИНТЕРВАЛКА И СПЕЦИАЛЬНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ В ДЗЮДО

4 группы: контроль, интервалка верх, интервалка низ, учи-коми.

Специальный полевой тест (кол-во бросков)

**Table 1.** Athletes' performance in the judo-specific tests pre- and post- three different high-intensity training protocols (values are mean  $\pm$  standard deviation).

Variable	Lower-body training group (n = 9)		Upper-body training group (n = 9)		Uchi-komi training group (n = 9)		Control group (n = 8)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Number of throws in the SJFT (rep)	27 $\pm$ 3	27 $\pm$ 3	25 $\pm$ 2*	27 $\pm$ 2	25 $\pm$ 3	26 $\pm$ 2	25 $\pm$ 3	24 $\pm$ 2
HR after the SJFT (bpm)	181 $\pm$ 9*	174 $\pm$ 9	175 $\pm$ 11	177 $\pm$ 13	180 $\pm$ 8	175 $\pm$ 9	176 $\pm$ 2	173 $\pm$ 11
HR 1 min after the SJFT (bpm)	152 $\pm$ 10	150 $\pm$ 13	142 $\pm$ 22	144 $\pm$ 13	152 $\pm$ 14	140 $\pm$ 12	146 $\pm$ 16	150 $\pm$ 11
SJFT index (beats.min <sup>-1</sup> .throw <sup>-1</sup> )	12.68 $\pm$ 1.99	12.04 $\pm$ 1.75	12.84 $\pm$ 2.55	12.08 $\pm$ 1.35	12.84 $\pm$ 1.47*	12.07 $\pm$ 1.36	13.11 $\pm$ 1.49	13.80 $\pm$ 1.14
Delta blood lactate SJFT (mmol.L <sup>-1</sup> )#	8.60 $\pm$ 0.79	7.24 $\pm$ 2.40	9.62 $\pm$ 2.20	9.73 $\pm$ 2.26	10.27 $\pm$ 1.47	10.42 $\pm$ 1.61	8.23 $\pm$ 2.11	7.51 $\pm$ 1.46

Note: SJFT Special Judo Fitness Test; HR heart rate; \* different from post-training ( $p < 0.05$ ); # lower-body training group different from control group ( $p < 0.05$ ).

**Выводы: разные адаптации от разных тренировок!**

# STRENGTH AND POWER QUALITIES ARE HIGHLY ASSOCIATED WITH PUNCHING IMPACT IN ELITE AMATEUR BOXERS

IRINEU LOTURCO,<sup>1</sup> FABIO Y. NAKAMURA,<sup>1,2</sup> GUILHERME G. ARTIOLI,<sup>3,4</sup> RONALDO KOBAL,<sup>1</sup> KATIA KITAMURA,<sup>1</sup> CESAR C. CAL ABAD,<sup>1</sup> IGOR F. CRUZ,<sup>5</sup> FELIPE ROMANO,<sup>5</sup> LUCAS A. PEREIRA,<sup>1</sup> AND EMERSON FRANCHINI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NAR—Nucleus of High Performance in Sport, São Paulo, Brazil; <sup>2</sup>Department of Physical Education, State University of Londrina, Londrina, Brazil; <sup>3</sup>Martial Arts and Combat Sports Research Group, School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, Brazil; <sup>4</sup>Laboratory of Applied Nutrition and Metabolism, School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, Brazil; and <sup>5</sup>Brazilian Boxing Confederation, São Paulo, Brazil

## ABSTRACT

Loturco, I, Nakamura, FY, Artioli, GG, Kobal, R, Kitamura, K, Cal Abad, CC, Cruz, IF, Romano, F, Pereira, LA, and Franchini, E. Strength and power qualities are highly associated with punching impact in elite amateur boxers. *J Strength Cond Res* 30(1): 109–116, 2016—This study investigated the relationship between punching impact and selected strength and power variables in 15 amateur boxers from the Brazilian National Team (9 men and 6 women). Punching impact was assessed in the following conditions: 3 jabs starting from the standardized position, 3 crosses starting from the standardized position, 3 jabs starting from a self-selected position, and 3 crosses starting from a self-selected position. For punching tests, a force platform (1.02 × 0.76 m) covered by a body shield was mounted on the wall at a height of 1 m, perpendicular to the floor. The selected strength and power variables were vertical jump height (in squat jump and countermovement jump), mean propulsive power in the jump squat, bench press (BP), and bench throw, maximum isometric force in squat and BP, and rate of force development in the squat and BP. Sex and position main effects were observed, with higher impact for males compared with females ( $p \leq 0.05$ ) and the self-selected distance resulting in higher impact in the jab technique compared with the fixed distance ( $p \leq 0.05$ ). Finally, the correlations between strength/power variables and punching impact indices ranged between 0.87 and 0.85. Because of the strong associations between punching impact and strength/power variables (e.g., lower limb muscle power), this study provides important information

for coaches to specifically design better training strategies to improve punching impact.

**KEY WORDS** combat sports, punches, muscle power, strength training, plyometrics

## INTRODUCTION

In amateur boxing fights, boxers are only allowed to use punching techniques, which must target the frontal or lateral parts of their opponents' head or torso (5,16). The scoring system in amateur boxing is centered on the number of quality punches in the target area, domination during the bout, competitiveness, technical and tactical dominance, and infringement of the rules (5). The duration and number of rounds vary in amateur boxing depending on the competitive level and agreement of the coaches and athletes (5): novice boxers compete in three 2-minute rounds, intermediate boxers compete in four 2-minute rounds, and open-class boxers compete in three 3-minute or four 2-minute rounds. In all cases, rounds are interspersed by 1 minute. A recent investigation (9) concerning the activity profile of elite male amateur boxing reported that boxers maintain an activity rate of around 1.4 actions per second. In a simulated boxing match using the temporal structure as the reference, the total estimated energy expenditure was around 680 kJ, with the following relative contributions: aerobic, 77%; anaerobic alactic, 19%; and anaerobic lactic, 4% (10). However, an athlete can win the fight at any time if he/she knocks the opponent out with a punch, thus reducing the total duration of the fight and the corresponding energy expenditure. Because knockout is a constant goal during a match, boxers must have well-developed muscle power and strength (5,27,28,44) to increase punch impact and, as a consequence, knockout power.

A number of descriptive studies have already reported that punching impact force is one of the main performance indicators in amateur boxing (19,27,37). Smith et al. (38)

# СИЛА И МОЩНОСТЬ СВЯЗАНЫ С СИЛОЙ УДАРА В ЛЮБИТЕЛЬСКОМ БОКСЕ

Спортсмены тестировались 3 дня подряд как следует: день 1 прыжок из приседа (JS) и бросок вверх лежа на лавке (BT) средняя мощность в вертикальном прыжке на оптимальной нагрузке (MPP), день 2, ударные испытания джеб и кросс, а также максимальная изометрическая сила; и день 3, максимальная мощность в жиме лежа на скамейке (BP) при оптимальной нагрузке.

Address correspondence to Irineu Loturco, irineu.loturco@terra.com.br, 30(1)/109–116

*Journal of Strength and Conditioning Research*  
© 2015 National Strength and Conditioning Association

# СИЛА И МОЩНОСТЬ СВЯЗАНЫ С СИЛОЙ УДАРА В ЛЮБИТЕЛЬСКОМ БОКСЕ

**TABLE 1.** Comparisons of punching impacts, muscle power, and isometric test performances between men and women.\*

	Men	Women	ES (Rating)
FJ (N)	1,152.22 ± 246.87†	902.50 ± 213.49	1.08 (large)
FC (N)	1,331.67 ± 234.49†	994.17 ± 221.14	1.48 (large)
SSJ (N)	1,212.22 ± 269.62†	933.33 ± 164.76	1.28 (large)
SSC (N)	1,368.33 ± 266.27†	987.50 ± 192.19	1.66 (large)
SJ (cm)	36.78 ± 5.37†	26.24 ± 3.34	2.42 (large)
CMJ (cm)	37.42 ± 4.75†	27.07 ± 3.30	2.57 (large)
MPP JS (W)	670.05 ± 186.95	456.63 ± 91.30	1.53 (large)
MPP BT (W)	511.58 ± 130.05†	296.39 ± 83.64	2.01 (large)
MPP BP (W)	509.49 ± 115.26†	295.51 ± 74.41	2.26 (large)
MIF squat (N)	2,609.56 ± 950.81†	1,807.67 ± 314.18	1.27 (large)
MIF BP (N)	1,017.67 ± 26.20	727.00 ± 94.65	1.64 (large)
RFD squat (N·ms <sup>-1</sup> )	460.33 ± 81.91†	288.83 ± 95.80	1.93 (large)
RFD BP (N·ms <sup>-1</sup> )	247.44 ± 50.43†	160.17 ± 44.17	1.85 (large)

\*ES = effect size; FJ = fixed jab; FC = fixed cross; SSJ = self-selected jab; SSC = self-selected cross; SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump; MPP = mean propulsive power; JS = jump squat; BT = bench throw; BP = bench press; MIF = maximum isometric force; RFD = rate of force development.

†Different from women ( $p \leq 0.05$ ).



# СИЛА И МОЩНОСТЬ СВЯЗАНЫ С СИЛОЙ УДАРА В ЛЮБИТЕЛЬСКОМ БОКСЕ

**TABLE 2.** Correlations between punching impact indices and muscle power, and maximal isometric force.\*†

	FJ	FC	SSJ	SSC
SJ	0.67 (0.30–0.93)	0.77 (0.46–0.96)	0.77 (0.46–0.91)	0.78 (0.48–0.95)
CMJ	0.67 (0.34–0.90)	0.79 (0.48–0.96)	0.72 (0.50–0.88)	0.80 (0.50–0.95)
MPP JS	0.76 (0.54–0.95)	0.84 (0.66–0.96)	0.83 (0.68–0.94)	0.85 (0.64–0.95)
MPP BT	0.70 (0.30–0.94)	0.76 (0.52–0.95)	0.75 (0.39–0.92)	0.78 (0.54–0.94)
MPP BP	0.70 (0.29–0.94)	0.78 (0.53–0.95)	0.76 (0.38–0.94)	0.79 (0.53–0.95)
MIF squat‡	0.68 (0.28–0.92)	0.83 (0.49–0.93)	0.69 (0.32–0.94)	0.73 (0.45–0.95)

\*FJ = fixed jab; FC = fixed cross; SSJ = self-selected jab; SSC = self-selected cross; SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump; MPP = mean propulsive power; JS = jump squat; BT = bench throw; BP = bench press; MIF = maximum isometric force.

† $p < 0.01$  for all tested correlations.

‡Nonnormal data.

**TABLE 3.** Correlations between jump height and lower limb muscle power, and maximal isometric force.\*†

	SJ	CMJ
MPP JS	0.92 (0.84–0.97)	0.88 (0.74–0.96)
MIF squat‡	0.79 (0.43–0.95)	0.79 (0.44–0.96)
RFD squat	0.80 (0.55–0.93)	0.76 (0.46–0.90)

\*SJ = squat jump; CMJ = countermovement jump; MPP = mean propulsive power; JS = jump squat; MIF = maximum isometric force; RFD = rate of force development.

† $p < 0.01$  for all tested correlations.

‡Nonnormal data.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ:** Из-за больших и очень больших корреляций, найденных между силовыми измерениями в нижней и верхней конечности и силой удара, тренерам настоятельно рекомендуется реализовать конкретные стратегии обучения для повышения производительности в этих переменных.

Соответственно, основные силовые упражнения, такие как жим лежа, броски мяча и прыжки, используя определенный диапазон нагрузок, способных увеличить мощность, могут быть использованы для усиления воздействия. Кроме того, спортсмены должны развивать максимальную силу в нижних конечностях, сосредоточив внимание на методах, которые вызывают нейронные адаптации, а не гипертрофические ответы.

# СИЛА И МОЩНОСТЬ СВЯЗАНЫ С СИЛОЙ УДАРА В ЛЮБИТЕЛЬСКОМ БОКСЕ

Наши выводы показывают, что элитные боксеры могут улучшить ударную производительность, добавив к их обычным тренировкам работу, ориентированную на повышение силы и мощности основных групп мышц верхних и нижних конечностей.

Примечательно, как уже сообщалось в других исследованиях с участием боевых спортсменов (19,20,43), кажется, что нижние конечности играют центральную роль в создании воздействия во время удара, передавая линейный импульс силы от земли через ноги и, последовательно, до рук.

Хотя эти нейромеханические возможности могут существенно повлиять на производительность боксеров, характер движения (то есть, сегментарное включение от нижних до верхних конечностей) определяющий фактор в создании более высоких сил во время удара.




Поскольку эта модель двигательного навыка специфична для каждого удара, тренерам рекомендуется разрабатывать технические приемы для оптимизации Переноса скоростно-силовой производительности на качество ударов.



# ТРЕНИРОВКА НА «ОПТИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ» В ЛЮБИТЕЛЬСКОМ БОКСЕ

Case Report

## Optimum Power Loads for Elite Boxers: Case Study with the Brazilian National Olympic Team

Irineu Loturco <sup>1,\*</sup>, Chris Bishop <sup>2</sup>, Rodrigo Ramirez-Campillo <sup>3</sup>, Felipe Romano <sup>4</sup>, Mateus Alves <sup>4</sup>, Lucas A. Pereira <sup>1</sup> and Michael McGuigan <sup>5,6</sup>

<sup>1</sup> NAR—Nucleus of High Performance in Sport, São Paulo 04753060, Brazil; lucasa\_pereira@outlook.com

<sup>2</sup> Faculty of Science and Technology, London Sports Institute, Middlesex University, London NW4 4BT, UK; C.Bishop@mdx.ac.uk

<sup>3</sup> Department of Physical Activity Sciences, Research Nucleus in Health, Physical Activity and Sport, Universidad de Los Lagos Osorno 5290000, Chile; r.ramirez@ulagos.cl

<sup>4</sup> Brazilian Boxing Confederation, São Paulo 11740000, Brazil; felipecbboxe@gmail.com (F.R.); mateus.alvescbb@gmail.com (M.A.)

<sup>5</sup> Sports Performance Research Institute New Zealand (SPRINZ), Auckland University of Technology, Auckland 92006, New Zealand; michael.mcguigan@aut.ac.nz

<sup>6</sup> School of Medical and Health Sciences, Edith Cowan University, Perth, WA 6027, Australia

\* Correspondence: irineu.loturco@terra.com.br; Tel: +55-11-3702-5284

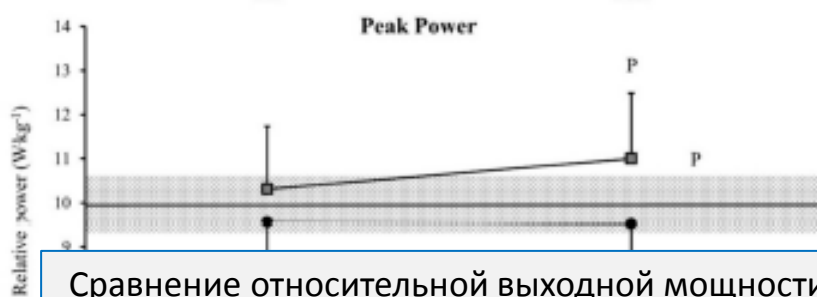
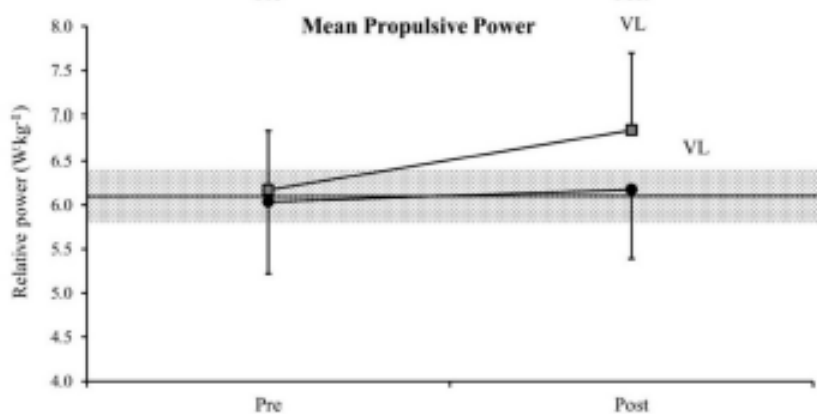
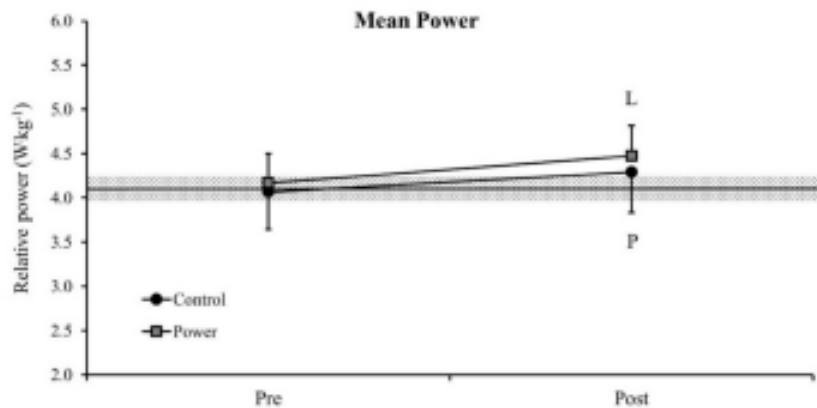
Received: 14 August 2018; Accepted: 10 September 2018; Published: 13 September 2018



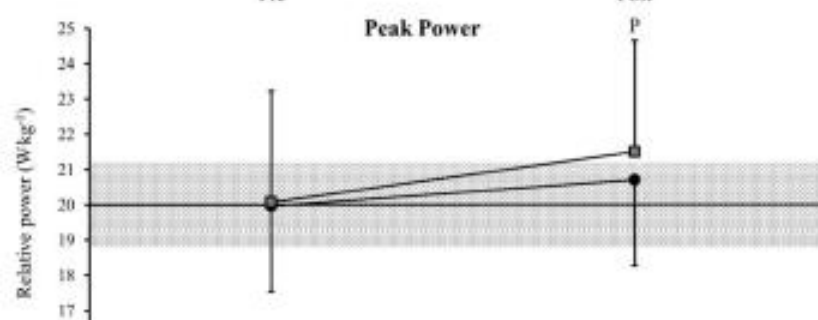
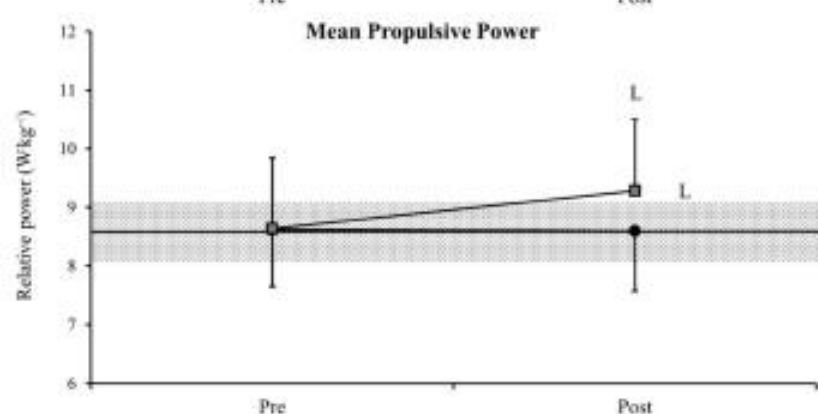
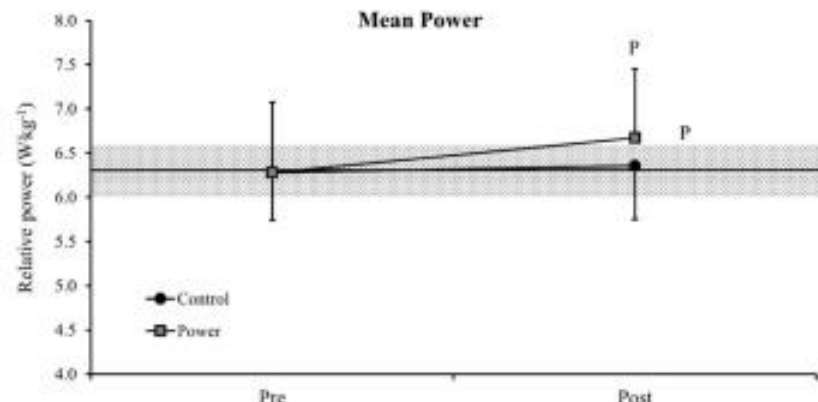
**Abstract:** The purpose of this case study was to examine the effects of a resistance-training program based on the optimum power loads (OPL) method on neuromuscular performance of Olympic boxing athletes during preparation for the Rio-2016 Olympic Games. Twelve elite amateur boxers from the Brazilian National Olympic Team participated in this study. Athletes were assessed at four time-points, over two consecutive competitive seasons. In the first season (considered as “control period”), the athletes executed a non-controlled strength-power training program for 10 weeks. In the second season (a seven-week experimental period), the elite boxers performed 14 power-oriented training sessions, comprising bench press (BP) and jump squat (JS) exercises at the OPL. Maximum bar-power output in BP and JS exercises was measured pre and post both training phases. Magnitude-based inferences were used to compare changes in pre and post training tests. Bar-power outputs increased meaningfully in both BP (+8%) and JS (+7%) exercises after the OPL training program. In contrast, after the control period, no worthwhile improvements were observed in the variables tested. Based on the findings of this study, highly trained boxers might benefit from the use of a training scheme based on OPL.

**Keywords:** elite athletes; combat sports; physical performance; power training; muscle power

Ударная сила является одним из основных показателей эффективности в боксе [12–14], было бы интересно выяснить, может ли схема тренировок на основе OPL увеличить выходную мощность на олимпийском уровне спортсмены по боксу.



Сравнение относительной выходной мощности в штанге в жиме лежа до и после тренировки и сравнения изменений между двумя разными сезонами соревнований. Средние горизонтальные линии представляют средние значения перед тестом для двух сезонов.



Сравнение относительных выходных силовых сил в упражнении приседания до и после обучения и сравнения дельта-изменений между двумя разными сезонами соревнований.

## Transference Effect of Short-Term Optimum Power Load Training on the Punching Impact of Elite Boxers.

Loturco I<sup>1</sup>, Pereira LA<sup>1</sup>, Kobal R<sup>1</sup>, Fernandes V<sup>1</sup>, Reis VP<sup>1</sup>, Romano F<sup>2</sup>, Alves M<sup>2</sup>, Freitas TT<sup>3</sup>, McGuigan M<sup>4,5</sup>.

### ⊕ Author information

В этом исследовании изучались изменения выходной мощности в жиме лежа (BP), прыжке (JS) и приседе (HS), вызванные краткосрочной (1 неделя) схемой тренировки, основанной на оптимальной силовой нагрузке (OPL), применяемой к боксерам. В этом исследовании приняли участие восемь боксеров элитного уровня из сборной Бразилии. Спортсмены тестировались до и после 3 силовых тренировок, проведенных в OPL. Физические оценки включали в себя измерения силы ударов (джебы и кроссы) на фиксированных и самостоятельно выбранных расстояниях, а также выходную мощность штанги в упражнениях BP, HS и JS. Коэффициент переноса рассчитывали как соотношение между прибавкой результата в «нетренированных упражнениях» (ударное воздействие) и «тренированных упражнениях» (HS, JS и BP) для переменных, представляющих величину эффекта не менее 0,2. Обучение OPL привело к значительному увеличению ударных сил удара (8%) и выходной мощности JS и HS (на 12 и ~14% соответственно), но не выходной мощности BP. Произошел эффективный перенос ( $TEC = \sim 0,80$ ) прироста характеристик JS и HS на ударную силу удара, что позволяет предположить, что увеличение мощности на нижних конечностях может быть непосредственно передано ударному воздействию. Эти результаты дают тренерам и практикам ценную информацию о том, как быстро и эффективно увеличить ударную силу для элитных боксеров-любителей.

# ЭНЕРГОРАСХОД 3 РАУНДОВ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО БОКСА (ПОЛУКОНТАКТ)

## The Energetics of Semicontact 3 × 2-min Amateur Boxing

Philip Davis, Renate M. Leithäuser, and Ralph Beneke

The energy expenditure of amateur boxing is unknown. **Purpose:** Total metabolic cost ( $W_{tot}$ ) as an aggregate of aerobic ( $W_{aer}$ ), anaerobic lactic ( $W_{lactate}$ ), and anaerobic alactic ( $W_{PCr}$ ) energy of a 3 × 2-min semicontact amateur boxing bout was analyzed. **Methods:** Ten boxers (mean ± SD [lower/upper 95% confidence intervals]) age 23.7 ± 4.1 (20.8/26.6) y, height 180.2 ± 7.0 (175.2/185.2) cm, body mass 70.6 ± 5.7 (66.5/74.7) kg performed a semicontact bout against handheld pads created from previously analyzed video footage of competitive bouts. Net metabolic energy was calculated using respiratory gases and blood [lactate]. **Results:**  $W_{aer}$  526.0 ± 57.1 (485.1/566.9) kJ, was higher ( $P < .001$ ) than  $W_{PCr}$  58.1 ± 13.6 (48.4/67.8) kJ.  $W_{lactate}$  26.2 ± 7.1 (21.1/31.3) kJ, was lower ( $P < .001$ ) than  $W_{aer}$  and  $W_{PCr}$ . An ~70-kJ fraction of the aerobic energy expenditure reflects rephosphorylation of high-energy phosphates during the breaks between rounds, which elevated  $W_{aer}$  to ~680 kJ with relative contributions of 77%  $W_{aer}$ , 19%  $W_{PCr}$ , and 4%  $W_{lactate}$ . **Conclusions:** The results indicate that the metabolic profile of amateur boxing is predominantly aerobic. They also highlight the importance of a highly developed aerobic capacity as a prerequisite of a high activity rate during rounds and recovery of the high-energy phosphate system during breaks as interrelated requirements of successful boxing.

**Keywords:** combat sports, lactate, oxygen, heart rate

Energy expenditure in amateur boxing is an aggregate of high-intensity actions of attack with the hands, defensive movements, and short-distance locomotion. Rounds are interspersed with 1-minute breaks, and shorter stoppages occur

during the rounds due to the boxers clinching and the referee's decision. During a typical bout, novice amateur boxers throw 130 punches and make 23 defensive movements and 224 vertical hip movements over 6 minutes of activity, culminating in an activity rate of 1.2 actions/s.<sup>1</sup>

It has been suggested that amateur boxing is a predominantly anaerobic sport, to a magnitude of 70% to 80%.<sup>2</sup> This assumption is based on research that only reported data on heart rate and blood [lactate] of selection trials without measure of expired gases and no comment on the energetics of amateur boxing.<sup>3</sup> Consequently, it is not clear where the 70% to 80% figure came from. Furthermore, considering previously reported postbout blood [lactate] values of 8.6, 9.5, and 13.5 mmol/L over bout durations of 5 × 2, 3 × 3, and 4 × 2 min, respectively<sup>4</sup>; assumptions of muscle phosphocreatine stores of ~30 mmol/kg muscle mass<sup>5</sup>; and a phosphocreatine replenishment time constant of 30 to 60 seconds,<sup>6</sup> it seems illogical to suggest that anaerobic sources could provide up to 80% of the energy in a 6-minute bout.

The oxygen-uptake ( $VO_2$ ) requirements of sparring and pad work have been reported as 70% and

66%, respectively, of the subject's  $VO_{2peak}$  achieved on an incremental treadmill run.<sup>7</sup> However, the method used, where the subject's  $VO_2$  was only measured via a spirometric device after the last round and the subject asked to continue exertion at a similar intensity, lacks validity. Furthermore, peak blood [lactate] values of 6 and 4 mmol/L for sparring and pad work, respectively, highlight the lack of effort exerted by the boxers. In that study the pad work was also not designed to replicate a boxing contest or sparring, which is supported by the fact that the boxers threw double the amount of punches during the pad work than they did in sparring.<sup>7</sup>

The energetics of a 1-on-1 (coach/participant) laboratory-based boxing training session comprising warm-up and cooldown of 10 minutes, punching handheld pads for 18 minutes, punch-bag work of 16 minutes, shadow boxing of 13 minutes, and rest of 3 minutes have been reported.<sup>8</sup> Heart rate, expired gases, and respiratory-exchange ratio were recorded throughout the training session and the latter 2 used to predict energy expenditure via indirect calorimetry, resulting in a mean value of 2821 kJ/h. However, that study was not designed to reflect energy expenditure of competitive bouts and was conducted with subjects who were recreational boxers and not involved in competitive boxing. Furthermore, the training session's duration was 10 times longer than an amateur boxing bout. Due to the nature of the hyperbolic relationship between sustainable power and time to

Целью данного исследования было проанализировать общие метаболические затраты ( $W_{tot}$ ) как совокупность аэробных ( $W_{aer}$ ), Анаэробных гликолитических ( $W_{lactate}$ ) и анаэробных фосфогенных ( $W_{PCr}$ ) составляющих энергозатрат 3 × 2-минутного полуконтактного поединка любительского бокса.

Davis is with the Centre for Sport and Exercise Science, University of Essex, Colchester, United Kingdom. Leithäuser and Beneke are with the Inst of Sport Science and Motology, Philipps-University Marburg, Marburg, Germany.



# ЭНЕРГОРАСХОД 3 РАУНДОВ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО БОКСА (ПОЛУКОНТАКТ)

**Table 1 Activity Profile Data Including Attacking, Defensive, and Vertical Hip Movements (VHM), Mean  $\pm$  SD (Lower/Upper 95% Confidence Intervals)**

	Round 1	Round 2	Round 3	Bout total
Total attack (n)	45.0 $\pm$ 3.7 (42.4/47.6)	44.5 $\pm$ 6.8 (39.6/49.4)	47.0 $\pm$ 6.5 (42.3/51.7)#	136.5 $\pm$ 16.6 (124.6/148.4)
VHM (n)	86.6 $\pm$ 25.0 (68.7/104.5)	83.2 $\pm$ 10.7 (75.5/90.9)	90.0 $\pm$ 8.0 (84.3/95.7)	259.8 $\pm$ 37.3 (233.1/286.5)
Total defense (n)	20.1 $\pm$ 7.3 (14.9/25.3)	19.2 $\pm$ 4.3 (16.1/22.3)	19.2 $\pm$ 5.0 (15.6/22.8)	58.6 $\pm$ 14.9 (47.9/69.3)
Activity rate (/s)	1.2 $\pm$ 0.2 (1.1/1.3)	1.2 $\pm$ 0.1 (1.1/1.3)	1.3 $\pm$ 0.1 (1.2/1.4)	1.2 $\pm$ 0.1 (1.1/1.3)

#Significantly different from round 2, post hoc analyses of main effects ( $P < .05$ ).

**Table 2 Peak Heart Rate, Oxygen Uptake ( $VO_2$ ) Above Rest, [lactate] and  $\Delta$ [lactate] Data Over all 3 Rounds, Mean  $\pm$  SD (Lower/Upper 95% Confidence Intervals)**

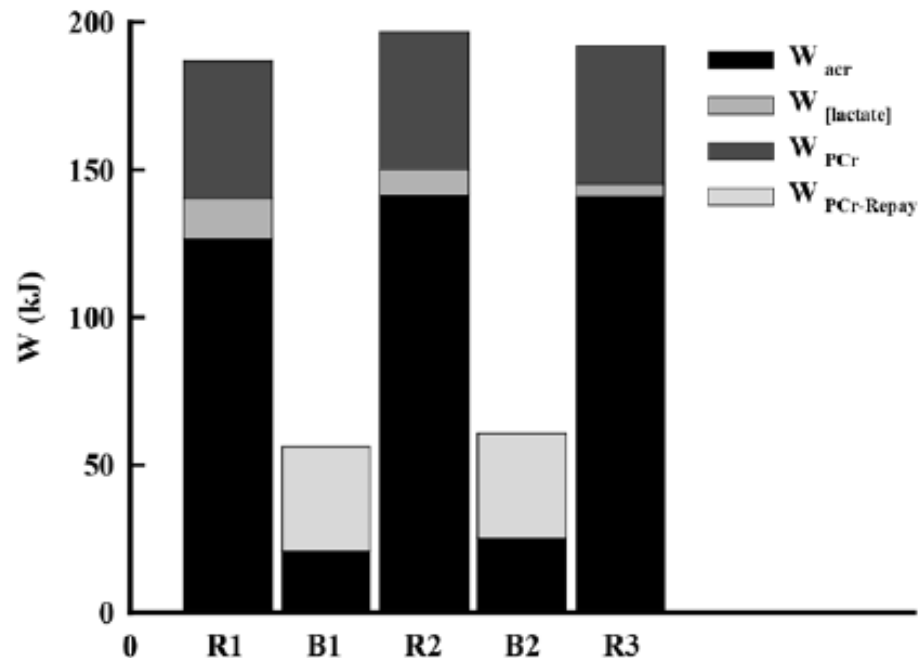
	Round 1	Break 1	Round 2	Break 2	Round 3	Postbout
Heart rate (beats/min)	166 $\pm$ 19 (152/180)	153 $\pm$ 21 (138/168)	173 $\pm$ 12 (164/182)	160 $\pm$ 19 (146/174)†	174 $\pm$ 13 (165/183)*	
$VO_2$ (mL/kg)	85.2 $\pm$ 9.7 (78.3/92.1)	38.0 $\pm$ 4.2 (35.0/41.0)	94.9 $\pm$ 11.0 (87.0/102.8)*	40.9 $\pm$ 4.8 (37.5/44.3)†	94.4 $\pm$ 14.3 (84.2/104.6)*	
[lactate] (mmol/L)		6.7 $\pm$ 1.4 (5.7/7.7)		8.6 $\pm$ 1.5 (7.5/9.7)*		9.5 $\pm$ 1.8 (8.2/10.8)*#
$\Delta$ [lactate] (mmol/L)	3.0 $\pm$ 0.8 (2.4/3.6)		1.9 $\pm$ 0.5 (1.5/2.3)*		0.9 $\pm$ 0.8 (0.3/1.5)*#	

\*Significantly different from round 1 or break 1. #Significantly different from round 2. †Significantly different from break 1 (all  $P < .05$ ).

**Table 3 Energy Over All 3 Rounds, Mean  $\pm$  SD (Lower/Upper 95% Confidence Intervals)**

	Round 1	Break 1	Round 2	Break 2	Round 3	Postbout
$W_{acr}$ (kJ)	126.8 $\pm$ 20.3 (112.3/141.3)	56.2 $\pm$ 6.5 (51.5/60.9)	141.6 $\pm$ 24.0 (124.4/158.8)*	60.5 $\pm$ 7.3 (55.3/65.7)	140.9 $\pm$ 28.6 (120.4/161.4)*	
$W_{[lactate]}$ (kJ)	13.5 $\pm$ 4.1 (10.6/16.4)		8.4 $\pm$ 2.5 (6.6/10.2)*		4.3 $\pm$ 3.5 (1.8/6.8)*#	
$W_{PCr}$ (kJ)						58.1 $\pm$ 13.6 (48.4/67.8)

\*Significantly different from round 1. #Significantly different from round 2 (all  $P < .05$ ).



**Figure 1** — Energetic profile of semicontact 3  $\times$  2-minute amateur boxing. Predominant aerobic metabolism ( $W_{acr}$ ) during all rounds (R1 to R3) and breaks (B1 and B2), minor and decreasing anaerobic lactic contribution ( $W_{[lactate]}$ ) from R1 to R3, and substantial contribution of the high-energy phosphate system ( $W_{PCr}$ ) during R1 to R3 supplemented by highly effective aerobic rephosphorylation ( $W_{PCr-Repay}$ ) during B1 and B2.



Это исследование является первым, по изучению метаболических поединка в любительском боксе через измерение лактата крови и потребления кислорода. Моделирование успешно отразило типичный 3 × 2-минутный любительский поединок по продолжительности и атакующим действиям. Интенсивность может была немного ниже, чем у настоящего боя, это частично отражается по значениям лактата и сердечного ритма. Тем не менее, потребление кислорода находилось на пике в конце каждого раунда, уменьшение изменений в кровь [лактат] с последующими раундами и высокий уровень утилизации фосфокреатина оставляют мало резерва для увеличения интенсивности - максимально на 5%.

Вопреки раннему мнению, общий метаболизм 3 × 2 минуты любительский бокс явно преимущественно аэробный, который подчеркивает важность общей аэробной выносливости тренировка для боксеров-любителей. Незначительный вклад гликолитической энергии уменьшается от раунда к раунду, в результате чего общий его вклад от 4% до 6%. Последнее указывает, что продолжительные тренировки максимальной интенсивности, приводящие к высокий уровень [лактата] в крови не соответствует требованиям подготовки успешных боксеров.

Аэробное перефосфорилирование высокоэнергетических фосфатов в течение перерывов между раундами позволяют значительно использовать анаэробной энергии высокоэнергетических фосфатов в величина до 19% от общей стоимости метаболизма, которая указывает на полезность упражнений на взрыв, ограниченную одиночные удары и комбинации ударов с частотой от 0,3 до 1,0 в секунду и периодические приступы высокой частые удары и взрывные силовые тренировки продолжительностью до ~ 5 секунд. В заключение определили метаболический профиль подчеркивает важность высокоразвитая способность аэробного перефосфорилирования как предпосылка высокой активности во время раундов и восстановление высокоэнергетической фосфатной системы при перерывы как взаимосвязанные требования успешного бокса.

# УГЛЕВОДНАЯ ЗАГРУЗКА ПОСЛЕ УПРАЖНЕНИЯ И ПОВТОРНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

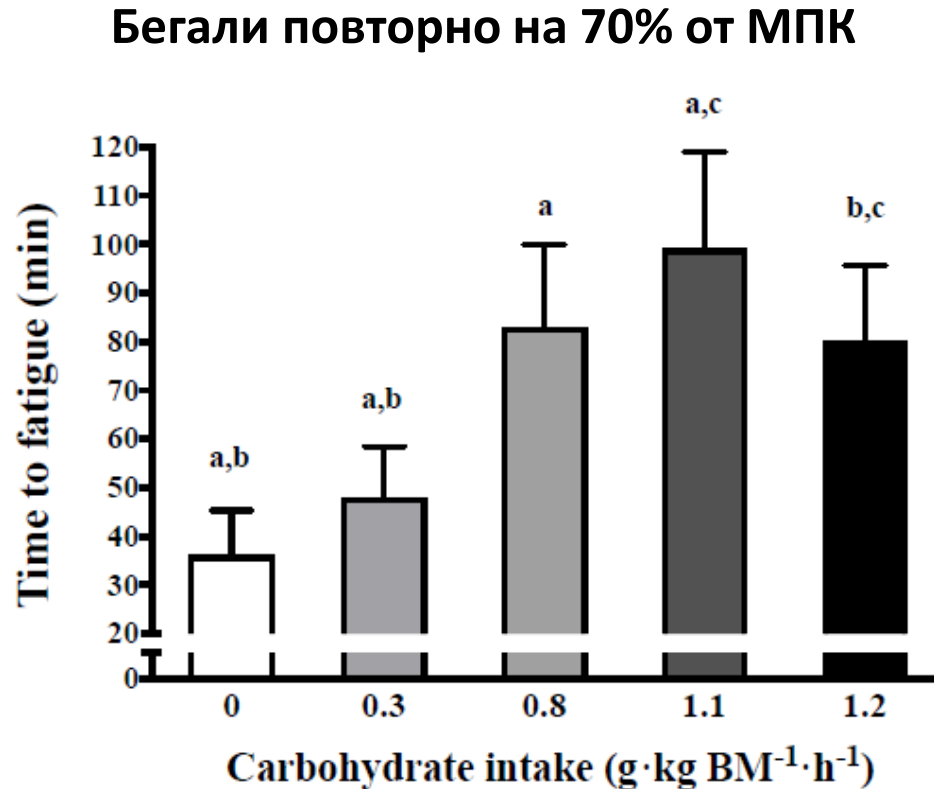


Figure 3. Reported carbohydrate intakes during 4 h recovery and repeated running [21–23]. Values are mean  $\pm$  SD. Values with similar lower cases are different ( $p < 0.05$ ).



## The Effects of Concurrent Strength and Endurance Training on Physical Fitness and Athletic Performance in Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis

Martijn Gäbler<sup>1,2\*</sup>, Olaf Prieske<sup>1</sup>, Tibor Hortobágyi<sup>2</sup> and Urs Granacher<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of Training and Movement Sciences, Research Focus Cognition Sciences, Faculty of Human Sciences, University of Potsdam, Potsdam, Germany; <sup>2</sup>Center for Human Movement Sciences, University Medical Center Groningen, University of Groningen, Groningen, Netherlands

Combining training of muscle strength and cardiorespiratory fitness within a training cycle could increase athletic performance more than single-mode training. However, the physiological effects produced by each training modality could also interfere with each other, improving athletic performance less than single-mode training. Because anthropometric, physiological, and biomechanical differences between young and adult athletes can affect the responses to exercise training, young athletes might respond differently to concurrent training (CT) compared with adults. Thus, the aim of the present systematic review with meta-analysis was to determine the effects of concurrent strength and endurance training on selected physical fitness components and athletic performance in youth. A systematic literature search of PubMed and Web of Science identified 886 records. The studies included in the analyses examined children (girls age 6–11 years, boys age 6–13 years) or adolescents (girls age 12–18 years, boys age 14–18 years), compared CT with single-mode endurance (ET) or strength training (ST), and reported at least one strength/power, is a jump height, endurance, is a peak

### OPEN ACCESS

#### Edited by:

Evangelos A. Christou,  
University of Florida, United States

#### Reviewed by:

Giovanni Muscarello,  
University of Foggia, Italy  
Sandra K. Hunter,  
Marquette University, United States

#### \*Correspondence:

В худшем случае мы не обнаружили никаких помех, но, возможно, потенцирующий эффект КТ по сравнению с одним только ST или ET у спортсменов на выносливость в возрасте от 10 до 18 лет и юных спортсменов в возрасте от 10 до 13 лет.

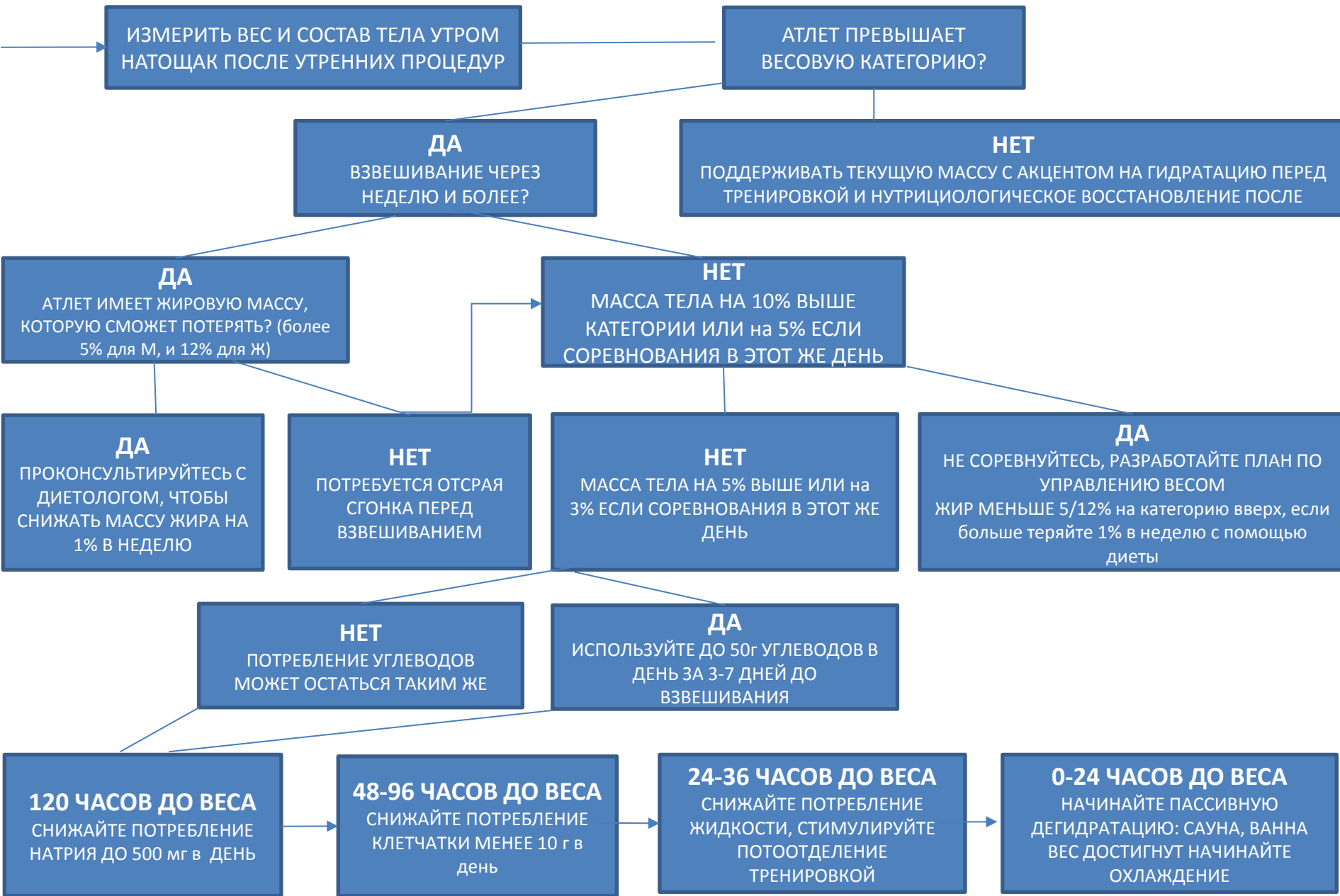
# КОНКУРЕНТНЫЙ ТРЕНИНГ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МОЛОДЫХ АТЛЕТОВ

Добавление силовой тренировки к тренировке на выносливость, по-видимому, усиливает ее эффект. Такой потенцирующий эффект наблюдается больше у подростков по сравнению с детьми. Тем не менее не ясно, как КТ приводит к улучшению спортивных результатов у молодых спортсменов на выносливость.

КТ может улучшить силу мышц нижней конечности больше, чем просто силовой тренинг у нетренированной молодежи. Этот вывод является показателем потенцирующего эффекта КТ. Остается неясным мешающее влияние упражнений на выносливость на силовые адаптации и их зависимость от возраста.

ВЕСОГОНКА

# ПЛАН КОНТРОЛЯ ВЕСА



# ПОТЕРЯ ВЕСА В ЕДИНОБОРСТВАХ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ.

## Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects

Emerson Franchini<sup>1\*</sup>, Giro José Brito<sup>2</sup> and Guilherme Giannini Artioli<sup>1,3</sup>

### Abstract

**Background:** The present article briefly reviews the weight loss processes in combat sports. We aimed to discuss the most relevant aspects of rapid weight loss (RWL) in combat sports.

**Methods:** This review was performed in the databases MedLine, Lilacs, PubMed and SciELO, and organized into sub-topics: (1) prevalence, magnitude and procedures, (2) psychological, physiological and performance effects, (3) possible strategies to avoid decreased performance (4) organizational strategies to avoid such practices.

**Results:** There was a high prevalence (50%) of RWL, regardless the specific combat discipline. Methods used are harmful to performance and health, such as laxatives, diuretics, use of plastic or rubber suits, and sauna. RWL affects physical and cognitive capacities, and may increase the risk of death.

**Conclusion:** Recommendations during different training phases, educational and organizational approaches are presented to deal with or to avoid RWL.

**Keywords:** Martial arts, Rapid weight loss, Athletic performance, Diuretics, Energy restriction, Weight cycling

### Background

Combat sports represent ~25% of the Olympic medals. Certain sports (e.g., boxing and mixed martial arts) are watched by millions of spectators [1,2]. In almost all combat sports, athletes are classified according to their body mass so the matches are more equitable in terms of body size, strength and agility [3,4]. However, many athletes acutely reduce body mass in an attempt to get an advantage by competing against lighter, smaller and weaker opponents [4,5]. Despite the well documented adverse effects of rapid weight loss (RWL) on health status, the prevalence of aggressive and harmful procedures for rapid weight reduction is very high in most combat sports, such as wrestling [6], judo [5,7-10], jujitsu [10], karate [10], taekwondo [10-12] and boxing [13]. Although there is no controversy on literature regarding the negative impact of RWL on physiological and health-related parameters [14], the effects on competitive performance are somewhat equivocal, as many factors (e.g., time of weight reduction, recovery time after

weigh-in and type of diet) may affect responses to weight loss.

In this narrative review (performed in the databases MedLine, Lilacs, PubMed and SciELO), we discuss the most relevant aspects of RWL in combat sports, namely (1) the prevalence, magnitude and procedures used; (2) the effects of weight loss on psychological, physiological and performance parameters; (3) strategies to avoid performance decrements and (4) organizational strategies to avoid harmful practices among athletes.

### Rapid weight loss: prevalence, magnitude and procedures

Several studies have reported high prevalence of RWL (60–90% of competitors) among high school, collegiate and international style wrestling [6,15,16]. In judo, a similar trend was found, as ~90% of athletes (heavy-weights excluded) reported that they have already reduced body weight rapidly before a competition and a somewhat lower percentage reduce body weight before competing on a regular basis [5]. Brito et al. [10] reported a slightly lower percentage of judo athletes regularly reducing weight (62.8%), which was similar to athletes from jujitsu (56.8%), karate (70.8%), and taekwondo (63.3%). The percentages found in all these

\* Correspondence: efranchini@usp.br

<sup>1</sup>Martial Arts and Combat Sports Research Group, School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, Brazil

Full list of author information is available at the end of the article





# ПОТЕРЯ ВЕСА В ЕДИНОБОРСТВАХ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ.

## Психологические эффекты сгонки

Несколько исследований сообщили про снижение кратковременной памяти, энергичности, концентрации, уверенности, увеличение растерянность, ярость, усталость, депрессия и одиночества, что может препятствовать конкурентной борьбе.

## Физиологические эффекты сгонки

Большинство исследований показывают, что потеря веса снижает как аэробные, так и анаэробные показатели. Аэробные нарушения связаны с обезвоживанием, уменьшенным объемом плазмы, учащенное сердцебиение, гидроэлектrolитические нарушения, нарушение терморегуляции и истощение мышечного гликогена, снижение анаэробных показателей в основном связано с уменьшенной буферной емкостью, истощением гликогена и гидроэлектrolитические нарушения. Некоторые эпидемиологические исследования связывают сгонку с повышенным риском получения травм.

Из-за побочных эффектов сгонки есть редкие случаи смерти. В 1996 году за три месяца до Олимпийских игр в Атланте (22 года, 74 кг), считается вероятным медалистом в весовой категории до 65 кг в дзюдо найден мертвым в сауне. Причиной смерти был сердечный приступ.

Год спустя 3 борца умерли из-за гипертермии и обезвоживания, связанных со сгонкой. Эти случаи иллюстрируют, что это серьезная проблема и должна изучаться.

Franchini et al. Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. Journal of the International Society of Sports Nutrition 2012, 9:52

# ПОТЕРЯ ВЕСА В ЕДИНОБОРСТВАХ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ.

## **Стратегии, чтобы избежать снижения производительности после сгонки**

Спортсмен не должен гонять вес, чтобы соревноваться в более легкой весовой категории.

Хотя работоспособность может быть не затронута - здоровье всегда в опасности.

Следуйте инструкциям, чтобы минимизировать возможные побочные эффекты:

- 1) Постепенная потеря веса, а не сгонка;
- 2) Необходимо стремиться к максимальной потере жира и свести к минимуму истощение мышц и обезвоживание;
- 3) Спортсмен должен снижать вес не более, чем на 5%.
- 4) Спортсмен, которому необходимо снизить вес, а его / ее жир тела будет ниже, чем 5% для мужчин и 12% для женщин следует подумать о том, чтобы не гонять.
- 5) Во время периода снижения веса, силовых тренировок и добавка ВСАА может помочь сохранить мышечную массу.
- 6) Спортсмены не должны сидеть на низкоуглеводных диетах для того, чтобы сделать вес, как они вредны для физической работоспособности.
- 7) Если у спортсмена менее 3 часов на восстановление после взвешивания, следует избегать острой сгонки и ограничения приема углеводов.
- 8) Во время восстановительного периода спортсменам рекомендуется потреблять большое количество углеводов, жидкости и электролитов. Креатин может быть полезен.

Franchini et al. Weight loss in combat sports: physiological, psychological and performance effects. Journal of the International Society of Sports Nutrition 2012, 9:52

*Note:* This article will be published in a forthcoming issue of the *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. This article appears here in its accepted, peer-reviewed form; it has not been copyedited, proofed, or formatted by the publisher.

**Section:** Original Research

**Article Title:** The Effect of Water Loading on Acute Weight Loss Following Fluid Restriction in Combat Sports Athletes

**Authors:** Reid Reale<sup>1</sup>, Gary Slater<sup>2</sup>, Ian C. Dunican<sup>3</sup>, Gregory R. Cox<sup>1</sup>, and Louise M. Burke<sup>1</sup>
















**Affiliations:** <sup>1</sup>Department of Nutrition, Australian Institute of Sport, Bruce, ACT, Australia. <sup>2</sup>School of Health and Sport Sciences, University of the Sunshine Coast, Maroochydore, QLD, Australia. <sup>3</sup>Centre for Sleep Science, Faculty of Science, University of Western Australia, Crawley, WA, Australia.

**Running Head:** Water loading in combat sports

**Journal:** *International Journal of Sport Nutrition and Exercise*

**Acceptance Date:** November 11, 2017

**Data collection overview**

	Day -1	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6
<b>Morning</b>	Body composition assessment (DXA)  Test familiarisation	  Pre-Test	 AM & PM Training	 AM & PM Training	 AM & PM Training	 PM Training	 No training	  Post-Test
<b>Evening</b>								

**Food and fluid prescription**

<b>Food</b>	Free diet	Free diet	Standardised diets	Standardised diets	Standardised diets	Standardised diets	Standardised diets	Food and fluid standardised according to pre-intervention physical testing intake
<b>Fluid</b>	Free fluid	Free fluid	100ml·kg <sup>-1</sup> (WL) 40ml·kg <sup>-1</sup> (CON)	100ml·kg <sup>-1</sup> (WL) 40ml·kg <sup>-1</sup> (CON)	100ml·kg <sup>-1</sup> (WL) 40ml·kg <sup>-1</sup> (CON)	15ml·kg <sup>-1</sup> (Both groups)	Fasted AM Lab Data collection, rehydration protocol followed after	

**Legend:**

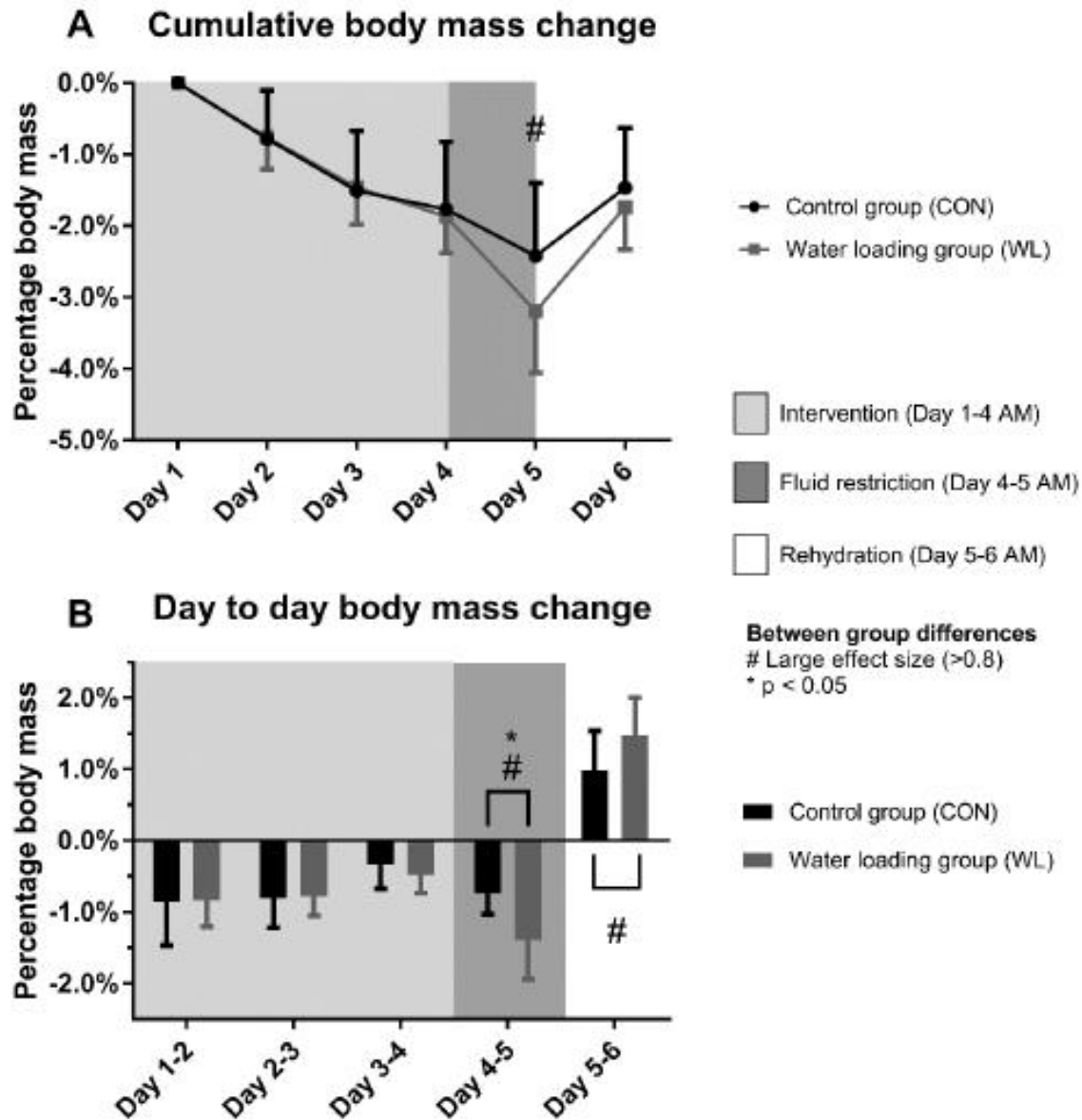


Physical testing



Laboratory data collection

# ВЕСОГОНКА С ВОДОЙ



# ПИТАНИЕ ПОДРОСТКОВ



# Nutritional Considerations for Performance in Young Athletes

JohnEric W. Smith, Megan E. Holmes, and Matthew J. McAllister

Department of Kinesiology, Mississippi State University, P.O. Box 6186, Mississippi State, MS 39762, USA

Correspondence should be addressed to JohnEric W. Smith; johneric.smith@msstate.edu

Received 31 May 2015; Accepted 2 August 2015

Academic Editor: Adrian W. Midgley

Copyright © 2015 JohnEric W. Smith et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Nutrition is an integral component to any athletes training and performance program. In adults the balance between energy intake and energy demands is crucial in training, recovery, and performance. In young athletes the demands for training and performance remain but should be a secondary focus behind the demands associated with maintaining the proper growth and maturation. Research interventions imposing significant physiological loads and diet manipulation are limited in youth due to the ethical considerations related to potential negative impacts on the growth and maturation processes associated with younger individuals. This necessary limitation results in practitioners providing nutritional guidance to young athletes to rely on exercise nutrition recommendations intended for adults. While many of the recommendations can appropriately be repurposed for the younger athlete attention needs to be taken towards the differences in metabolic needs and physiological differences.

## 1. Introduction

Current estimates suggest approximately 35 million youth between the ages of 5–18 years participate in organized sports each year [1]. While a majority of these young athletes are playing sports for the aspects of comradery and fun, a growing segment of young athletes train to enhance their opportunity to make a career of sport. While elite sport has long seen the presence of young athletes (Nadia Comanec, 14 years of age (1976 Olympic Gold Medalist), Marjorie Gestring, 13 years of age (1936 Olympic Gold Medalist), and Dimitrios Loundras, 10 years of age (1896 Olympic Bronze Medalist)), the past few decades have experienced an expansion in the numbers of young athletes working to perform at higher levels as younger athletes. This expansion can be seen in the establishment of the many facilities open focusing specialized training for sports performance on not only elite athletes but also largely youth athletes.

While the increase in physical activity of youth is important we currently do not fully understand the effects such training has on the growth and development of youth. The American Academy of Pediatrics outlined potential risks associated with sports specialization in young athletes in a publication in 2000 [2]. Noted orthopedic surgeon, Dr. James Andrews, recently discussed the potential for negative

effects of specialized training on developing bodies and the rise in youth sport injuries he experienced since around the same 2000 timeframe [3]. It is not within the scope of this review to discuss the ethical considerations of having youth focus their training on a singular sport, nor to discuss the potential for injury as related to overuse injuries. However, with the continual trend in younger athletes training for high level performance it appears that our current options are to continue to underscore the potential risks while at the same time work with the participants providing as much assistance as possible to enhance safety.

Proper nutrition is a fundamental component of athletes' training and performance plan. Proper nutrition ensures that an individual is amassing the fuels necessary for the energy production needs related to activity and recovery. One of the areas needing to be addressed is the unique nutritional needs associated with intense exercise stress. However, our understanding of the effects of strenuous physiological training and nutritional variations in combination with exercise stress in youth athletes is greatly limited. This limited knowledge is most likely due to the ethical considerations of withholding nutrients and physiologically overstraining a vulnerable population such as children and adolescents still in the process of growth and development.

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПИТАНИЮ ДЛЯ МОЛОДЫХ СПОРТСМЕНОВ

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПИТАНИЮ ДЛЯ МОЛОДЫХ СПОРТСМЕНОВ

Journal of Sports Medicine

TABLE 1: Age-specific energy requirements for boys and girls who participate in heavy physical activity levels.

Age (years)	Boys (kcal/day)	Girls (kcal/day)
6-7	1,800	1,650
7-8	1,950	1,775
8-9	2,100	1,950
9-10	2,275	2,125
10-11	2,475	2,300
11-12	2,700	2,475
12-13	2,925	2,625
13-14	3,175	2,725
14-15	3,450	2,855
15-16	3,650	2,875
16-17	3,825	2,875
17-18	3,925	2,875

Adapted from FAO/WHO/UNU, 2004 [7].

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПИТАНИЮ ДЛЯ МОЛОДЫХ СПОРТСМЕНОВ

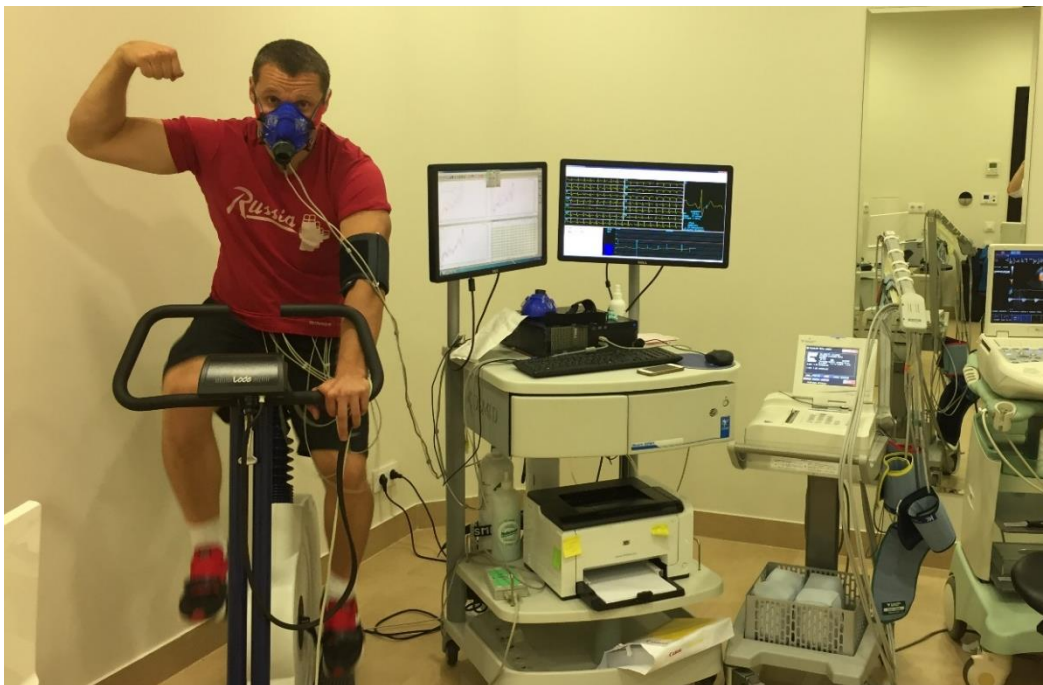
TABLE 3: Supplemental nutrition recommendations for athletes.

Protein	1.2–1.8 g/kg/day derived from whole food sources <i>After exercise:</i> 20 g of high quality protein shortly after exercise
Carbohydrate	<i>During exercise:</i> 30–60 g/hr for exercise lasting more than 1 hour <i>After exercise:</i> 1.0–1.5 g/kg of body mass within 30 minutes of exercise cessation
Fluid	<i>Before exercise:</i> 5–7 mL/kg 4 hrs prior to exercise <i>During exercise:</i> assess sweat rate and develop hydration plan to maintain body mass during exercise <i>After exercise:</i> 450–675 mL/0.5 kg and additional sodium consideration to account for loss through sweat
Micronutrients	<i>During exercise:</i> sodium to offset losses associated with sweat being lost in sweat

# БЕЛОК ДЛЯ МОЛОДЫХ СПОРТСМЕНОВ

При условии, что потребности в энергии удовлетворены, потребление белка должно составлять  $\sim 0,11$  г / кг / ч во время восстановления после тренировки или эквивалент  $\sim 1,5$  г / кг / сут (например,  $\sim 0,3$  г белка / кг  $\times$  5 раз во время еды) должно быть достаточным для заменить любые вызванные физическими упражнениями окислительные потери аминокислот, улучшить общий баланс белка в организме и поддержать нормальный рост и развитие спортсменов-подростков.

Потребности в углеводах следует рассматривать с учетом тренировочных нагрузок. Существуют некоторые данные, свидетельствующие о повышенной распространенности тепловых заболеваний, связанных со спортом и активностью у молодых спортсменов. Тепловая болезнь может зависеть от плохого состояния гидратации наряду с другими факторами, такими как чрезмерные физические нагрузки, недостаточное охлаждение между тренировками и неправильный выбор одежды, включая форму.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

#ЯСЕЛЮЯНОВЕЦ



@itrener



Волков Василий