

Анализ соотношения объемов низкоинтенсивных продолжительных и интенсивных интервальных тренировок в сложившейся практике зарубежных элитных спортсменов циклических видов спорта.

На основе обзоров:

«Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training».

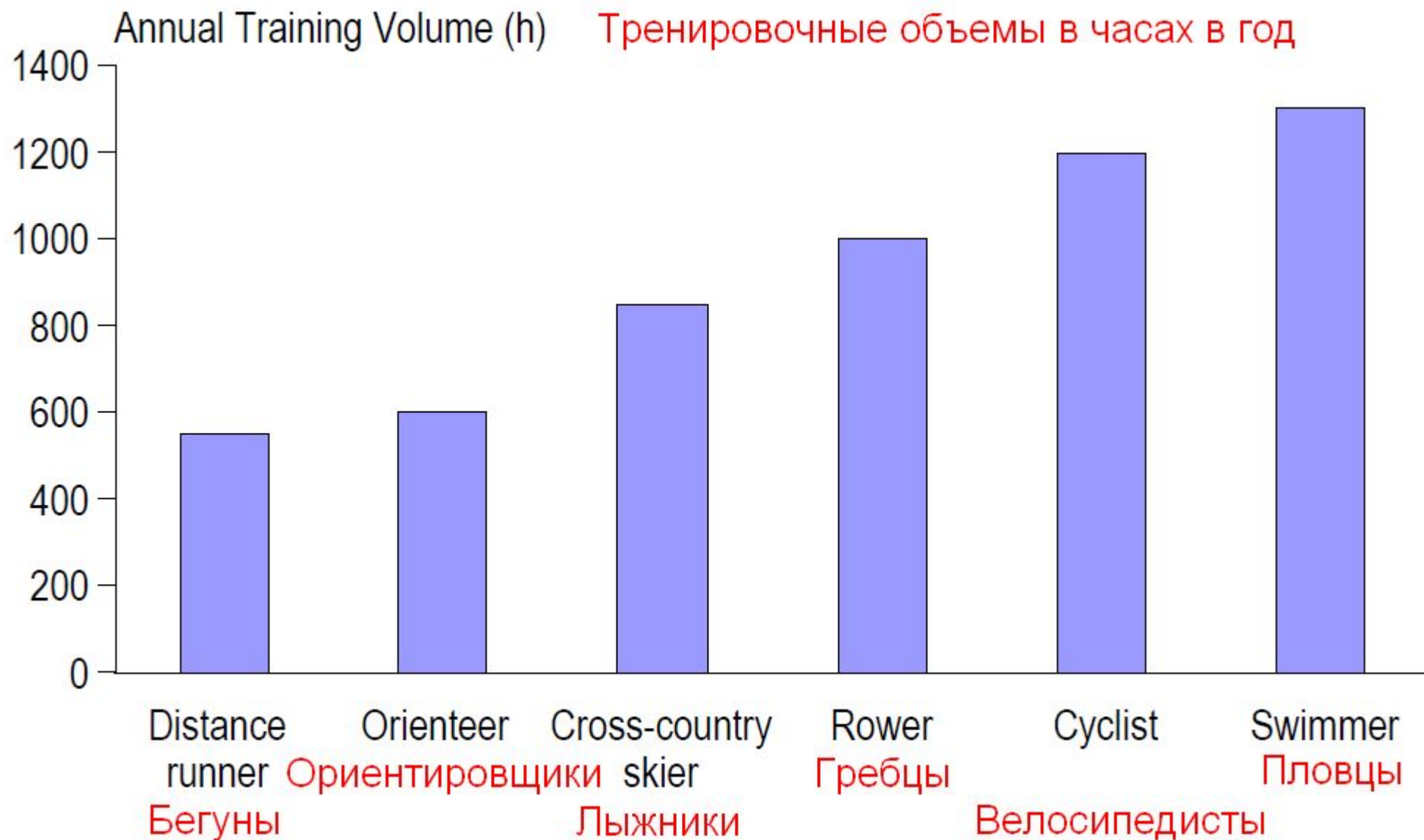
Stephen Seiler and Espen Tønnessen, Sports Science 13, 32-53, 2009

«Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?»

P. B. Laursen, Scand J Med Sci Sports 2010



1. Годовые объемы в часах у элиты в различных видах спорта.



Разница в объемах вызвана разным воздействием видов спорта на суставы, связки и мышцы, наличием эксцентрических и баллистических нагрузок при движении.

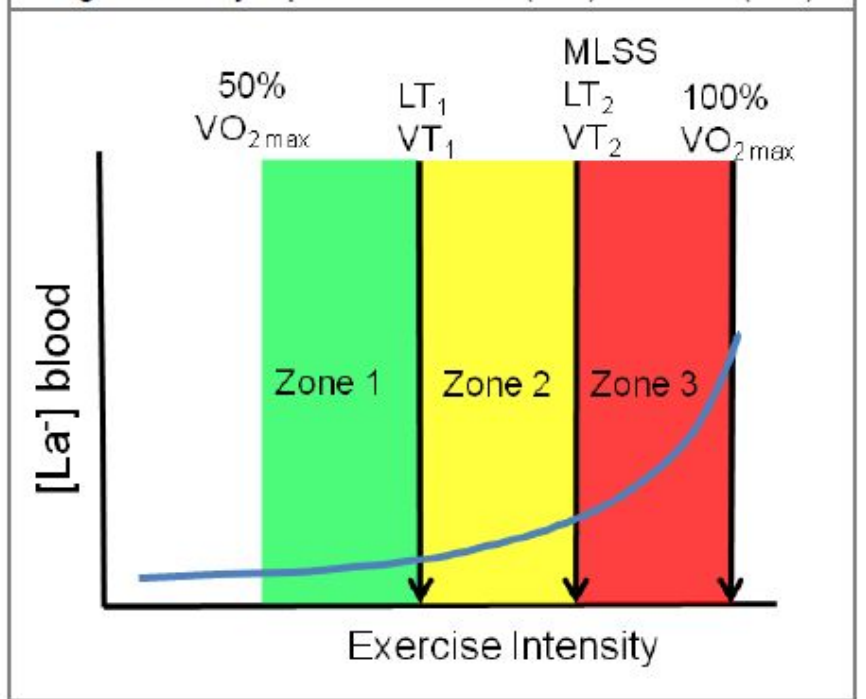
2. Принятые шкалы интенсивности.

Table 1: A typical five-zone scale to prescribe and monitor training of endurance athletes.

Intensity zone	VO ₂ (%max)	Heart rate (%max)	Lactate (mmol.L ⁻¹)	Duration within zone
1	45-65	55-75	0.8-1.5	1-6 h
2	66-80	75-85	1.5-2.5	1-3 h
3	81-87	85-90	2.5-4	50-90 min
4	88-93	90-95	4-6	30-60 min
5	94-100	95-100	6-10	15-30 min

The heart rate scale is slightly simplified compared to the actual scale used by the Norwegian Olympic Federation, which is based primarily on decades of testing of cross-country skiers, biathletes, and rowers.

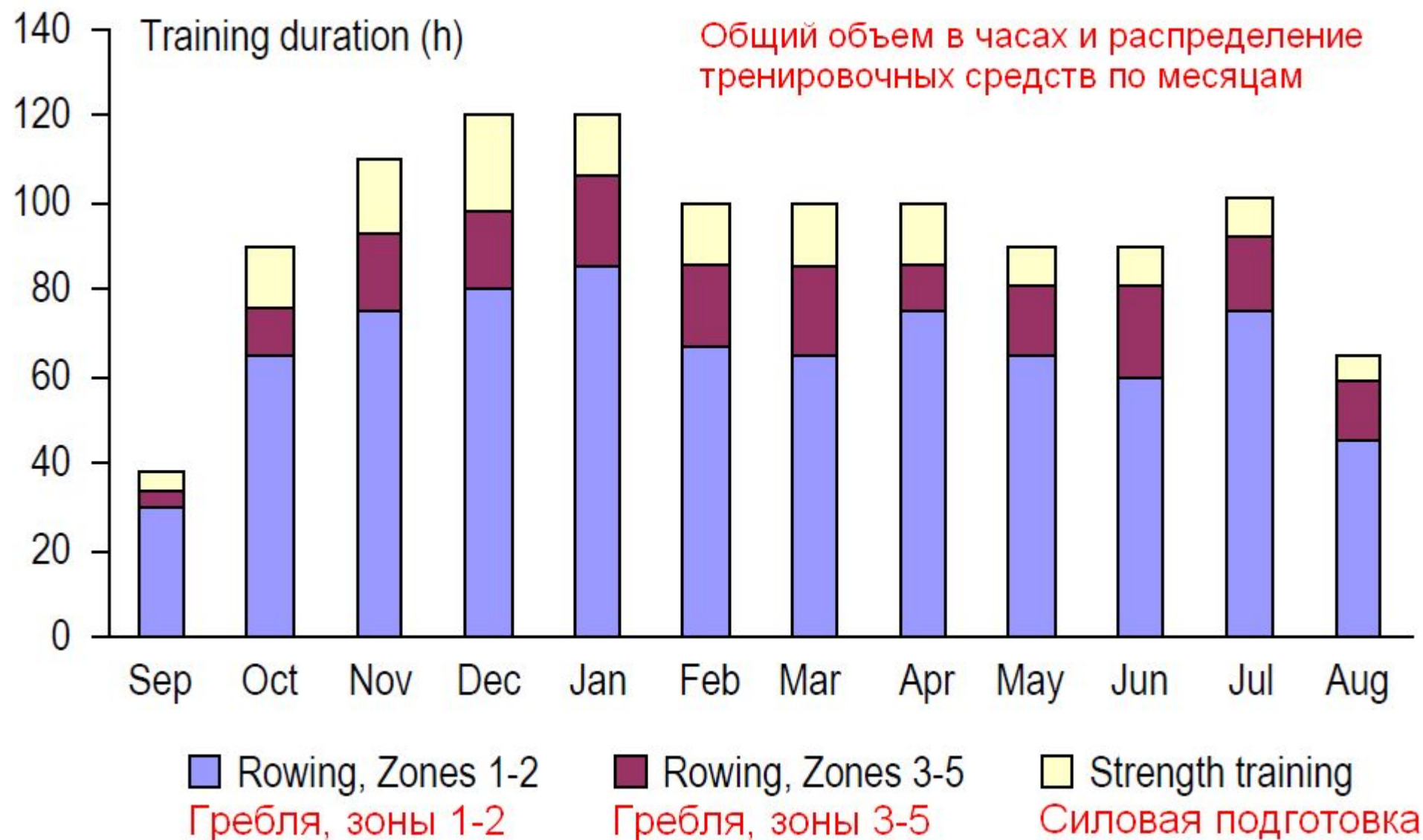
Figure 1. Three intensity zones defined by physiological determination of the first and second ventilatory turnpoints using ventilatory equivalents for O₂ (VT₁) and CO₂ (VT₂).



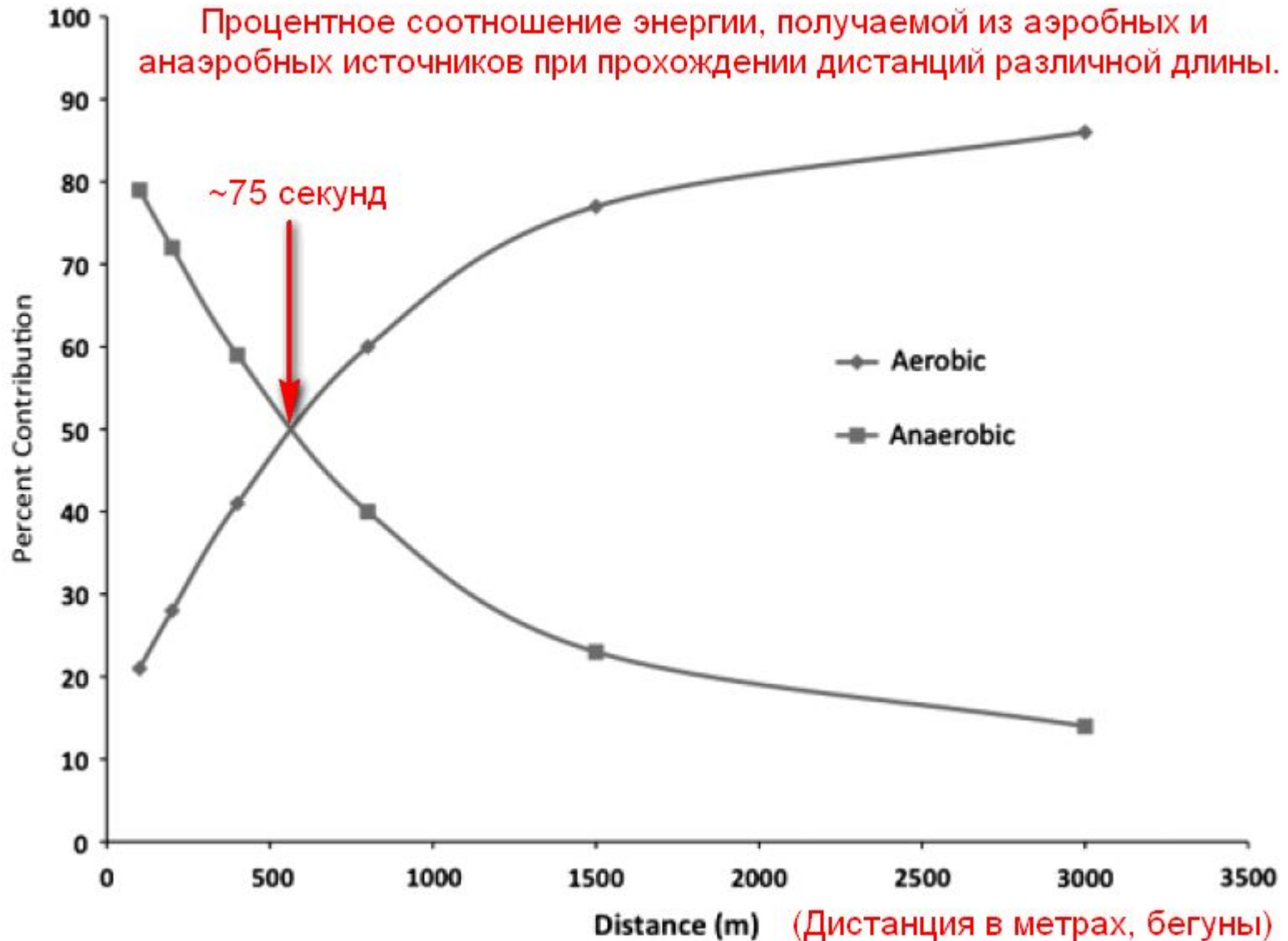
Слева упрощенный вариант шкалы интенсивностей, принятой Норвежской Олимпийской Федерацией для циклических видов спорта.

Справа – трехзонная шкала, основанная на показателях аэробного, анаэробного порогов и мощности МПК. Зона 2 при этом соответствует зоне 3 стандартной 5-ти зонной шкалы.

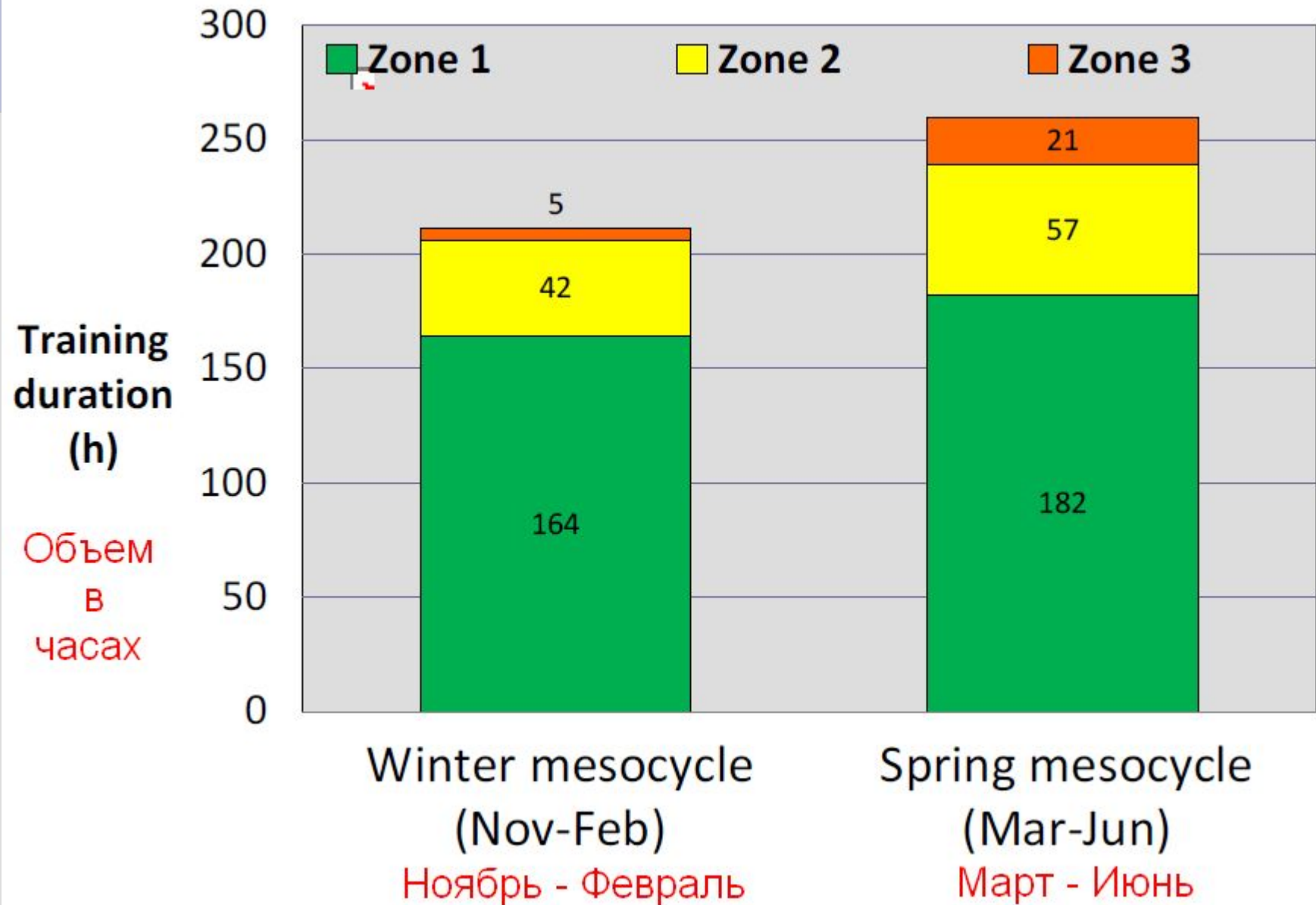
3. Пример распределения нагрузки в годовом цикле у гребцов.



4. Доля анаэробных и аэробных источников энергии в зависимости от длительности гонки.

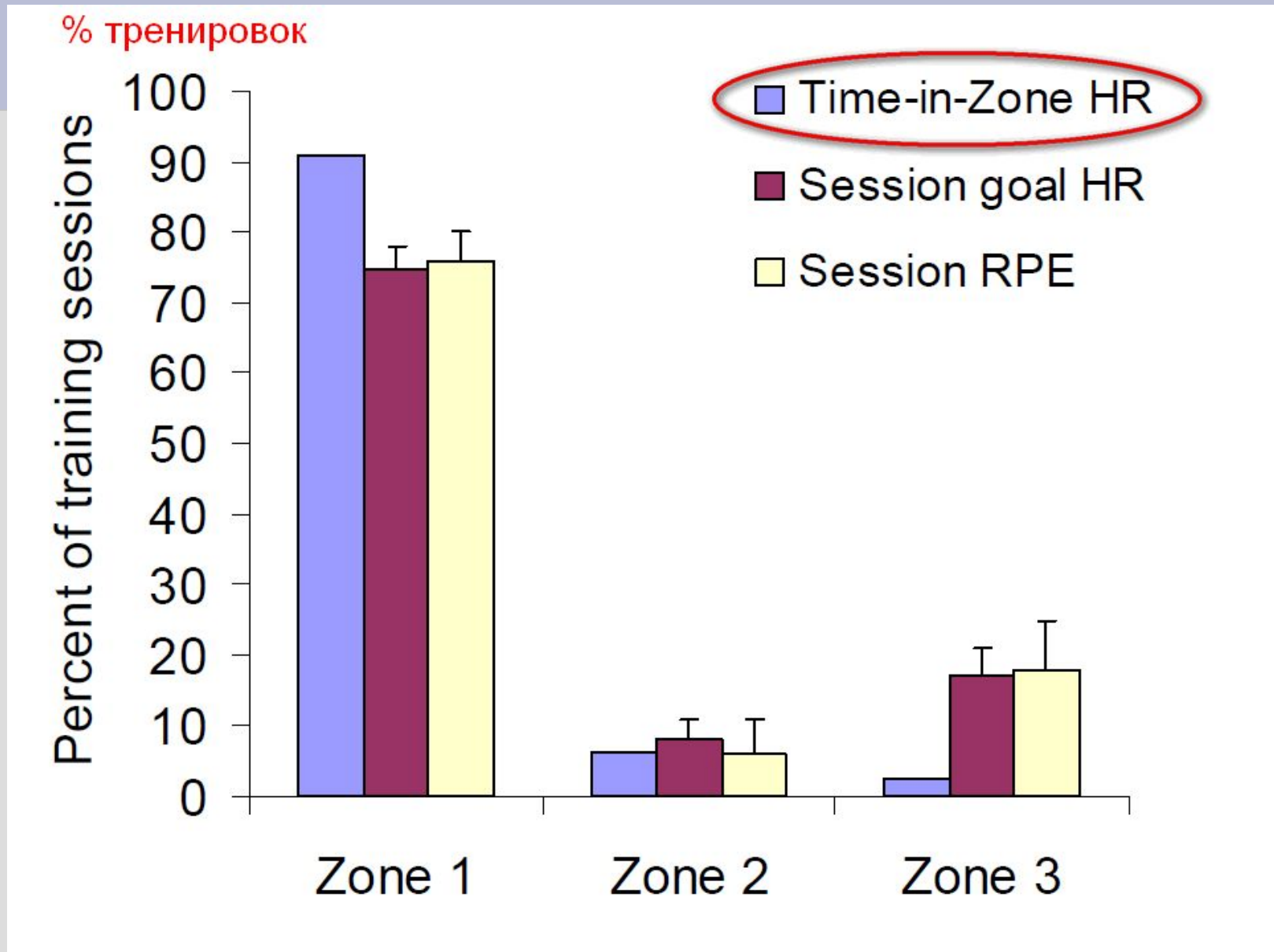


5. Пример распределения нагрузки по зонам у велосипедистов.



Данные по группе элитных испанских велосипедистов, возраст до 23 лет. 3-х зонная модель.

6. Пример распределения нагрузки по зонам у лыжников.



Данные норвежских лыжников юниоров, 3-х зонная модель.

7. Пример распределения нагрузки по интенсивности у норвежских лыжников - спринтеров.

Table 4. Total training performed in the 6 months before testing in world-class and national-class sprint cross country skiers (mean \pm SD)

Тренировочные объемы в часах, выполненные за 6 месяцев до тестирования. Норвежские лыжники спринтеры элитного уровня и национального уровня в сравнении.

Variables	World-class ($n = 8$)		National-class ($n = 8$)	
	Training hours	% of total training	Training hours	% of total training
LIT	340 \pm 23**	76.4 \pm 4.6	254 \pm 94	73.1 \pm 12.0
MIT	29 \pm 12**	6.5 \pm 2.2*	14 \pm 6	4.4 \pm 2.4
HIT	19 \pm 3	4.4 \pm 0.8	19 \pm 8	5.6 \pm 2.1
Speed	16 \pm 7**	3.7 \pm 1.5*	7 \pm 3	2.3 \pm 1.2
Strength	39 \pm 14	8.8 \pm 2.9	31 \pm 14	9.4 \pm 3.7
Total	445 \pm 27**	100	341 \pm 90	100

Significant group differences: * $P < 0.05$. ** $P < 0.01$.

LIT, low-intensity endurance training; MIT, moderate-intensity endurance training; HIT, high-intensity endurance training.

LIT - низкоинтенсивные тренировки

MIT - тренировки с умеренной интенсивностью

HIT - тренировки с высокой интенсивностью

Сравнительные данные норвежских лыжников-спринтеров. Элита и второй дивизион.

Отличительной особенностью тренировок более сильных лыжников является намного больший объем низкоинтенсивных тренировок.

8. Исследования сравнительного воздействия длительных тренировок и интенсивных интервальных. Пример 1.

Аэробные интервальные тренировки высокой интенсивности улучшают МПК больше, чем тренировки умеренной интенсивности.

Aerobic high-intensity intervals improve $\dot{V}O_{2max}$ more than moderate training. 2007, **Jan Helgerud et. al.**

40 человек (средний МПК ~60 мл/мин/кг) Тренировки 8 недель, 3 раза в неделю

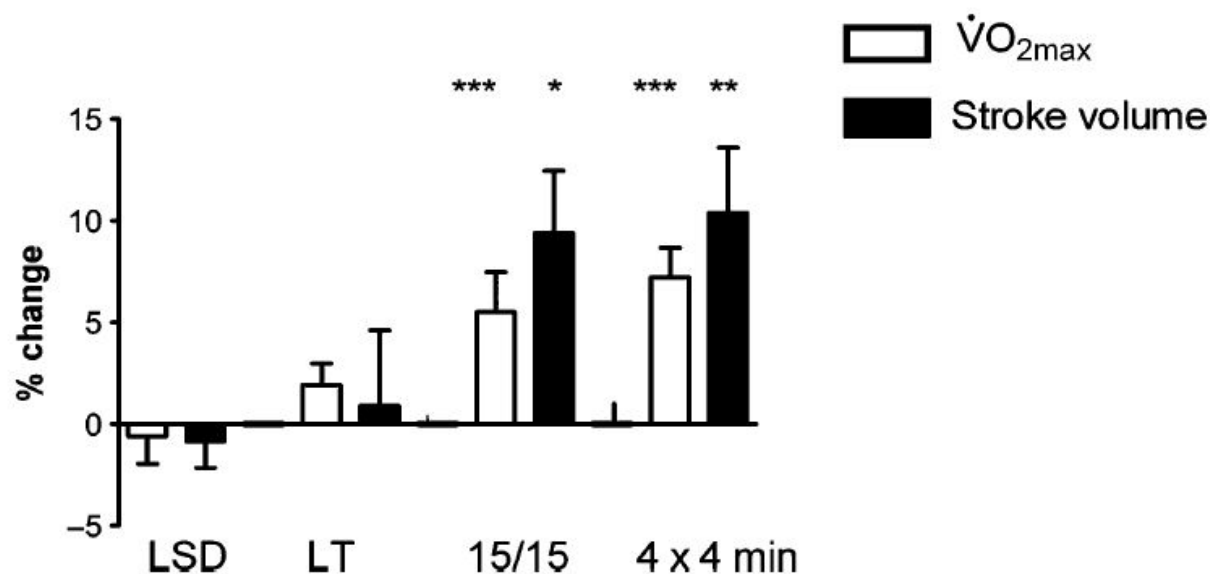
Поделены на 4 группы (**Количество работы одинаковое для всех групп**):

LSD (длительный медленный бег, 70% ЧССмакс., 45 мин.)

LT (бег на АНП, 85% ЧССмакс., 24.25 мин.)

15/15 (бег, 47 раз x по 15 сек. на 90–95% ЧССмакс. через 15 сек. на скорости, соотв. 70% ЧССмакс)

4x4 (бег, 4x 4 мин. на 90–95% ЧССмакс. через 3 мин. на скорости соотв. 70% ЧССмакс)



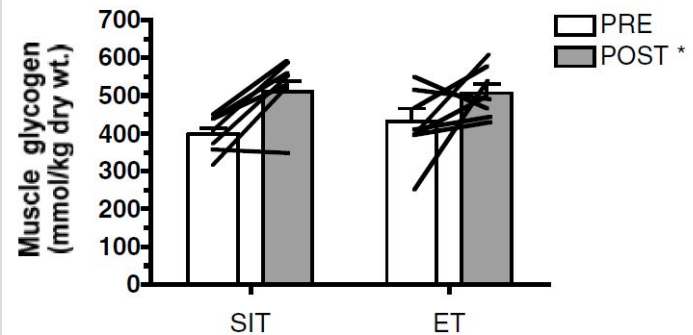
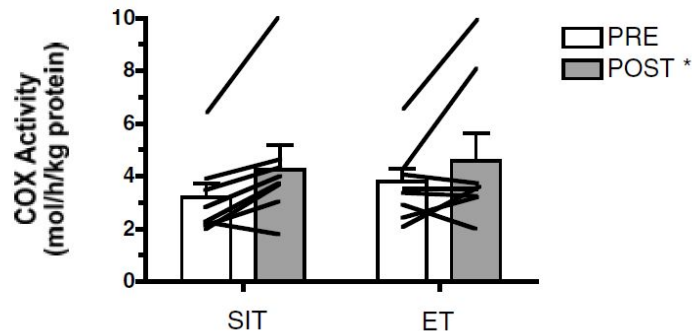
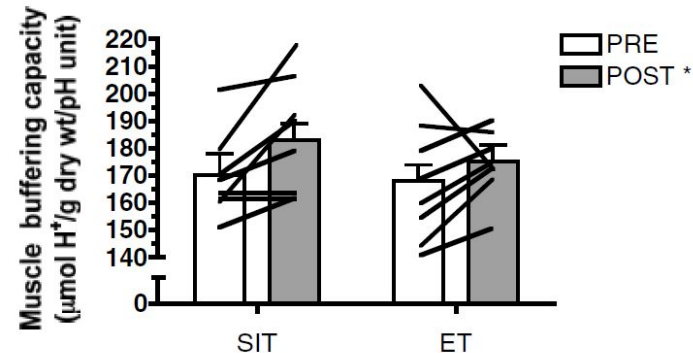
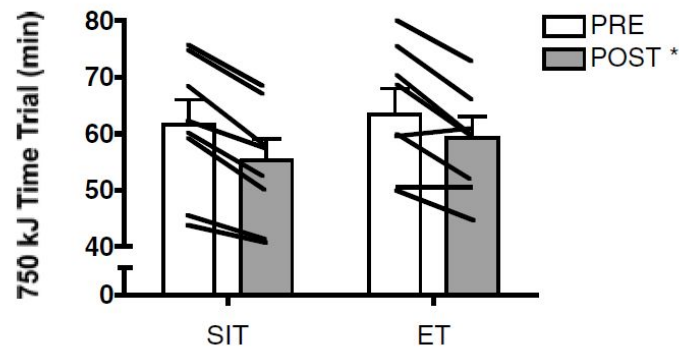
9. Исследования сравнительного воздействия длительных тренировок и интенсивных интервальных. Пример 2.

Кратковременные спринтерские интервальные тренировки против традиционных дистанционных тренировок: одинаковые начальные адаптации в скелетных мышцах и производительности.

Short-term sprint interval *versus* traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. 2006, Gibala et. al.

16 мужчин (возраст ~21 год, среднее VO_{2peak} = 4 л/мин., около 50 мл/кг/мин.) Поделены на 2 группы по 8 человек (дистанционную ET и спринтерскую SIT), и выполнили 6 тренировок на велоэргометре за 14 дней:

ET (65% VO_{2peak} , 90-120 мин.) **SIT** (250% VO_{2peak} , 4-6 раз по 30 сек через 4 мин. (отдых или 30 Вт.))



ET (дистанц.)

Общее время:
630 минут

Энергозатраты:
6500 кДж

SIT (спринт.)

Общее время:
15 (135) минут

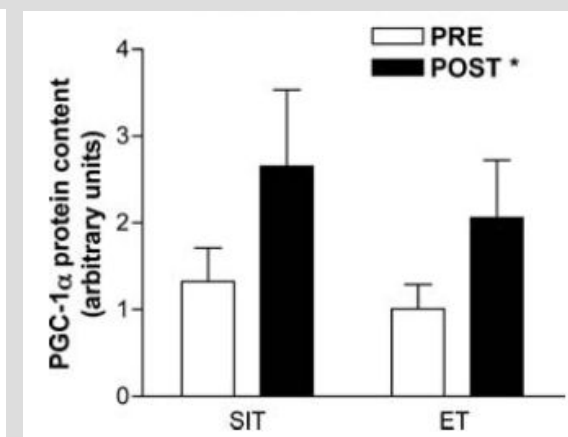
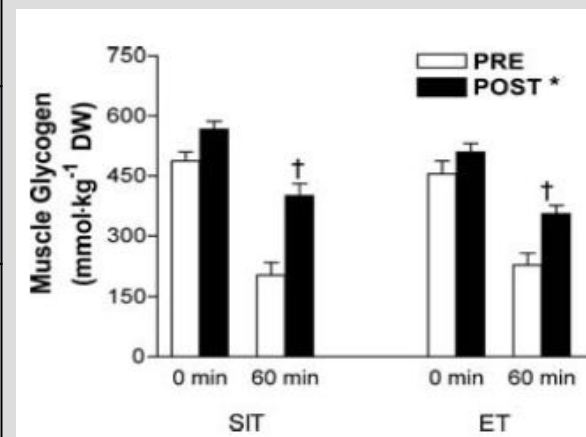
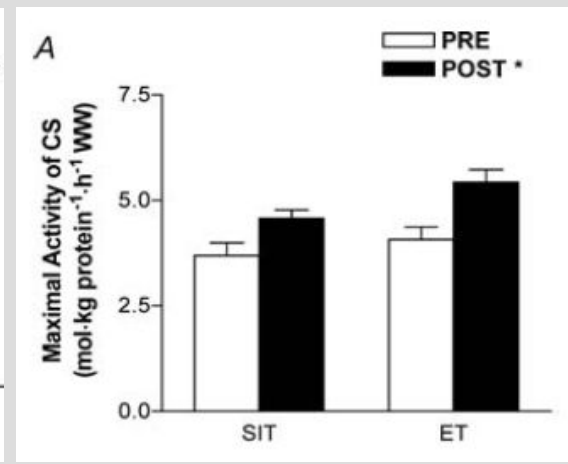
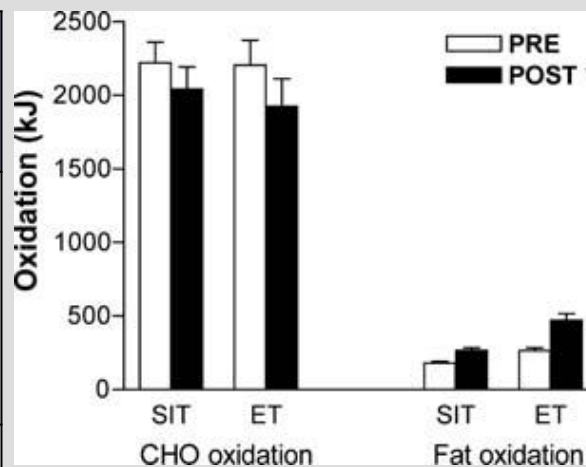
Энергозатраты:
630 (950) кДж

10. Исследования сравнительного воздействия длительных тренировок и интенсивных интервальных. Пример 3.

Одинаковые метаболические адаптации во время упражнений после спринтерских интервальных тренировок малого объема и традиционных тренировок на выносливость у человека.

Burgomaster et.al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *J Physiol* 586.1 (2008)

	Группа Интервальная (n = 10)	Группа Обычная (n = 10)
Протокол тренировки (всего 6 недель)	4–6 x 30 сек. через 4.5 мин. 3 раза в неделю	40–60 мин. Непрерывно 5 раз в неделю
Интенсивность	«Во всю», Вингейт. ~500 W	65% от VO ₂ peak, ~150 W
Время нагрузки в неделю	10 минут (~ 1.5 часа вкл. отдых)	4.5 часа
Затрачено энергии в неделю	225 кДж	2250 кДж



Тест через 6 недель:
60 минут на мощности
65% VO₂peak

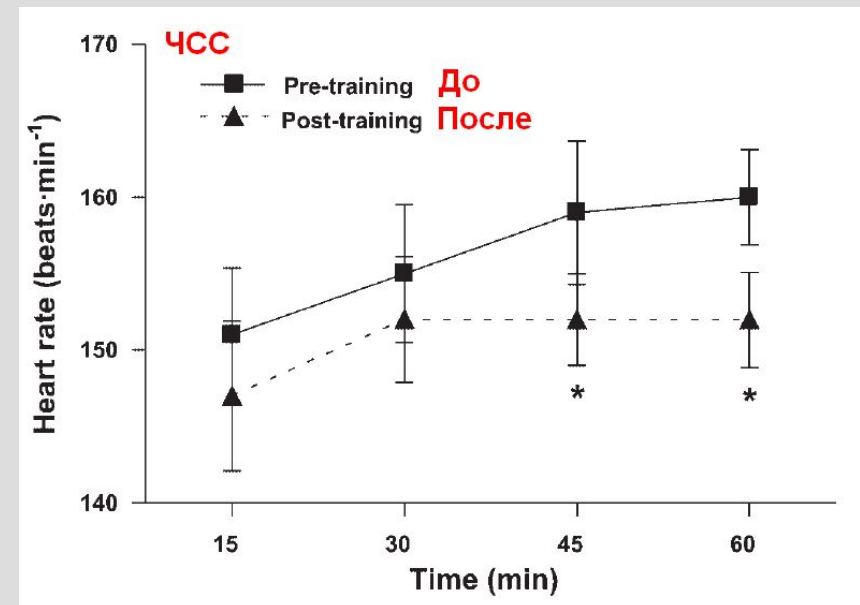
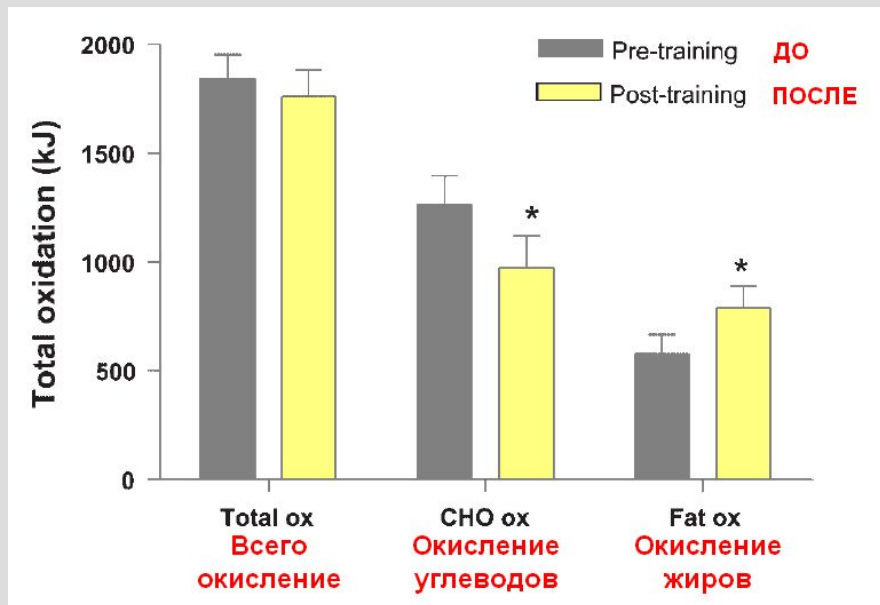
В похожем исследовании (2005) за 2 недели спринтерских интервальных тренировок время работы до отказа на мощности 80% VO₂peak увеличилось на 100%, с 26 до 51 минут. Хотя VO₂peak не изменилась.

11. Интенсивные интервальные тренировки увеличивают утилизацию жиров.

Женщины, не спортсменки. Исследование 2006 года.



Увеличились: VO_2 peak на 13%. Окисление жиров на 36%. Активность цитрат синтазы на 20%.



12. Исследования на сильных спортсменах.

Stephen Seiler and Espen Tønnessen:

«Controlled studies directly comparing CT and HIT in *already well-trained subjects* were essentially absent from the literature until recently».

«Исследования с контрольной группой, в которых есть прямое сравнение воздействия непрерывных и высокоинтенсивных интервальных тренировок на хорошо тренированных людей, практически отсутствуют в литературе до настоящего времени».

13. Исследования сравнительного воздействия длительных тренировок и интенсивных интервальных. Пример 4.

Влияние интенсивности тренировок на транспортеры лактата в мышцах и лактатный порог у лыжников гонщиков.

Effect of training intensity on muscle lactate transporters and lactate threshold of cross-country skiers. Evertsen F, Medbo JJ, Bonen A. Acta Physiologica Scandinavica (2001) 173, 195-205.

Группа из 20 квалифицированных лыжников юниоров со стажем тренировок и соревнований 4-5 лет на национальном и международном уровне. После двух месяцев тренировок, одинаковых для всех, лыжники были разделены на 2 группы, в каждой из которых тренировочная программа была изменена по-разному (то есть контрольной группы не было).

2 месяца, 10 часов в неделю 84% тренировок на интенсивности 60-70% VO2max, 16% на интенсивности 80-90% VO2max		High intensity (n=10)	Moderate intensity (n=10)
MOD (группа умеренной интенсивности).	HIGH (группа повышенной интенсивности).	VO2max	↔
3 месяца.	3 месяца.	Lactate-threshold speed	↔
Соотношение интенсивностей осталось прежним.	83% на 80-90% VO2max, 17% на 60-70 %VO2max.	20-min run at 9 % grade	↑ 3.8 %
Объем ↑ с 10 до 16 часов в неделю.	Объем ↑ с 10 до 12 часов в неделю.	Fiber type	↔
		Enzyme activities	
		MCT 1 transporter	↔
		MCT 4 transporter	↓ 12 %
		Citrate synthase	↔
		Succinate dehydrogenase	↔
			↑ 6 %

14. Исследования сравнительного воздействия обычных тренировок и интенсивных интервальных. Пример 5.

Отклик на тренировки у лыжников гонщиков.

Responses to training in cross-country skiers. Gaskill et.al. Med Sci Sports Exerc. 1999.

В исследовании участвовали 14 лыжников одного клубав течение 2 лет. В первый год все тренировались одинаково.

1-й год

660 часов. **16%** всего объема на интенсивности лактатного порога или выше.

7 человек — значительный прогресс

7 человек — отсутствие существенного прогресса

2-й год

Продолжают ту же самую тренировочную программу.

Увеличивают объем тренировок на уровне лактатного порога и выше до **35%** общего объема.
Объем низкоинтенсивных тренировок снижают на **22%**.

Такой же прогресс, как и в предыдущий год.

Значительное повышение МПК, АнП, максимальной мощности рук и результатов соревнований (в т.ч. очки).

15. Механизмы воздействия интенсивных тренировок.

Индукцируемые изменения	Возможные сигналы	Возможные позитивные эффекты	Возможные негативные эффекты
Повышение диастолического наполнения ЛЖ и конечного диастолического объема.	Увеличенное растяжение/нагрузка на миофибриллы	Повышение максимального ударного объема, компенсаторное утолщение стенок желудочков.	???
Повышенная ЧСС и повышенное внутрижелудочковое систолическое давление.	Повышенные RPP (систолическое давление * ЧСС) и метаболическая нагрузка миокарда	Маловероятно, выдающиеся окислительные способности сердечной мышцы.	Микрповреждения миокарда??? Замедленное восстановление. Риск дистрофии миокарда при повышенных объемах интенсивных тренировок.
Повышенное число активируемых мышечных волокон (ДЕ).	Повышенная метаболическая активность быстрых мышечных волокон (ДЕ).	Улучшенное окисление жира мышцами, сдвиг лактатного порога в сторону большей мощности.	Преждевременное утомление. Недостаточный стимул для низкопороговых ДЕ ???
Расширение сосудистого просвета из-за активации дополнительных ДЕ.	Локальные механические и метаболические сигналы	Смешанный ангиогенез артерий, капилляров и вен, изменение контроля сосудистого сопротивления.	???

Ключевые физиологические изменения связанные с упражнениями интенсивностью от 70% VO_{2max} до 90% VO_{2max} и более.

16. Механизмы воздействия интенсивных тренировок (продолжение).

Индукцируемые изменения	Возможные сигналы	Возможные позитивные эффекты	Возможные негативные эффекты
Повышение скорости гликолиза в активных мышечных волокнах	Снижение внутриклеточного pH	Повышение буферной емкости	Преждевременное утомление на уровне ДЕ, снижение стимула для синтеза окислительных ферментов
Повышенная симпатическая активация	Клетки подвержены влиянию повышенных концентраций адреналина и норадреналина в крови (концентрация \times время)	???	Сильная задержка восстановления ВНС; Хроническое снижение чувствительности гормональных рецепторов (к адреналину и т.п.) при повышенных объемах интенсивных тренировок.
Повышение скорости гликолиза в активных мышечных волокнах	Снижение внутриклеточного pH, Увеличение концентрации лактата в мышечных клетках и крови	Увеличенный синтез транспортных белков МСТ семейства и других. Ускорение вывода лактата и замедление снижения pH в высокопороговых ДЕ. Замедления начала ингибирования окислительного фосфорилирования ???	Ускорение деградации митохондриальных белков ??? Резкий сдвиг в сторону гликолитических механизмов энергообеспечения в начале применения интенсивных нагрузок ??? Сдвиг пропорций изоформ ЛДГ в сторону преобладания изоформ мышечного типа ???

Ключевые физиологические изменения связанные с упражнениями интенсивностью от 70% VO₂max до 90% VO₂max и более.

17. Механизмы воздействия продолжительных тренировок.

Индукцируемые изменения	Возможные сигналы	Возможные позитивные эффекты	Возможные негативные эффекты
Повышенное количество движений (сокращений мышц)	Повышение стимулов для миелинизации нервных волокон, активирующих работающие ДЕ	Улучшение стабильности техники, повышение экономичности движения	Негативно влияет на технику, если характер движений сильно отличается от соревновательной техники ???
Повышение активации высокопороговых (быстрых) ДЕ вследствие утомления низкопороговых ДЕ	Повышенная метаболическая активность в быстрых ДЕ	Улучшение окисления жиров мышц в целом, сдвиг лактатной кривой и лактатного порога вправо.	???
Повышенный расход гликогена	???	Может усиливать сигнал для синтеза некоторых окислительных ферментов	Потенциальное накопление усталости, если в пище недостает углеводов

Ключевые физиологические изменения связанные с увеличением длительности упражнений интенсивностью 60- 70% VO_{2max} с 45 минут до 120 минут.

18. Механизмы воздействия продолжительных тренировок (продолжение).

Индукцируемые изменения	Возможные сигналы	Возможные позитивные эффекты	Возможные негативные эффекты
Повышение окисления жиров	Большое увеличение концентрации свободных жирных кислот в плазме крови	Может усиливать сигнал для биосинтеза митохондрий	???
Повышенный расход гликогена	Снижение уровня гликогена в мышцах и печени приводит к снижению концентрации глюкозы в крови.	Снижение жировой массы тела вследствие активации липолиза.	Ускорение катаболизма белков вследствие повышения концентрации кортизола * Требуется увеличенное время для восстановления.
Повышенное количество движений	???	При мощности АэП и ниже приводит к усилению влияния парасимпатического отдела ВНС (снижение ЧСС, снижение вентиляции).	Повышение нагрузки на ОДА ???

Ключевые физиологические изменения связанные с увеличением длительности упражнений интенсивностью 60- 70% VO_{2max} с 45 минут до 120 минут.

19. Сходство и различие эффектов тренировок.

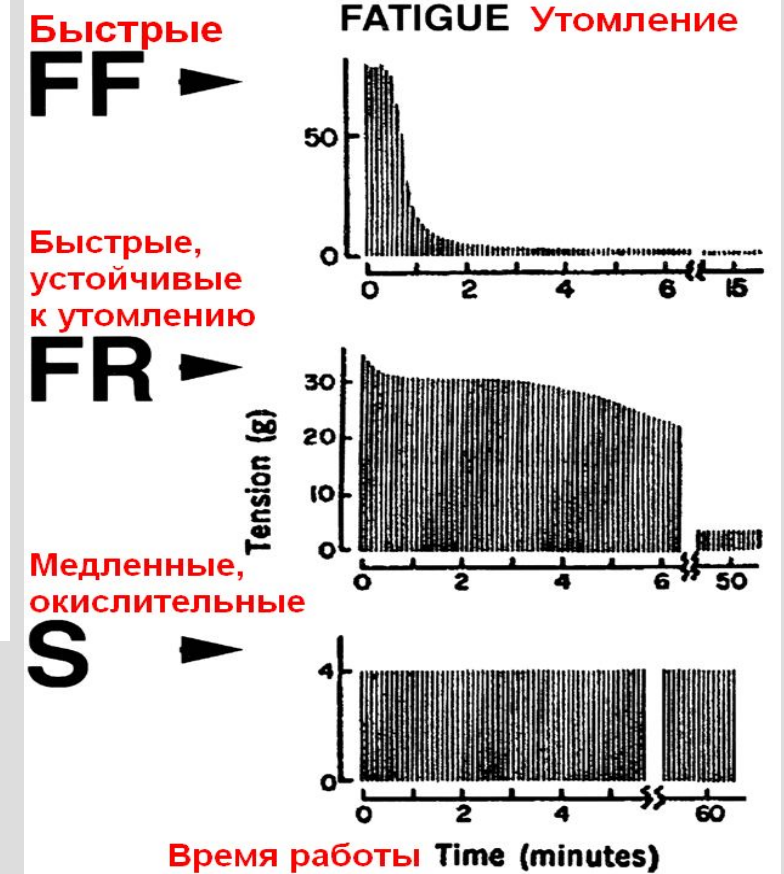
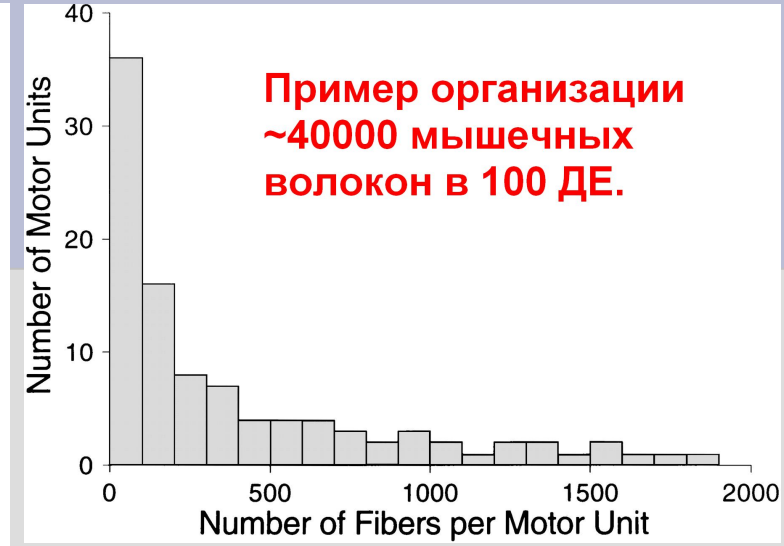
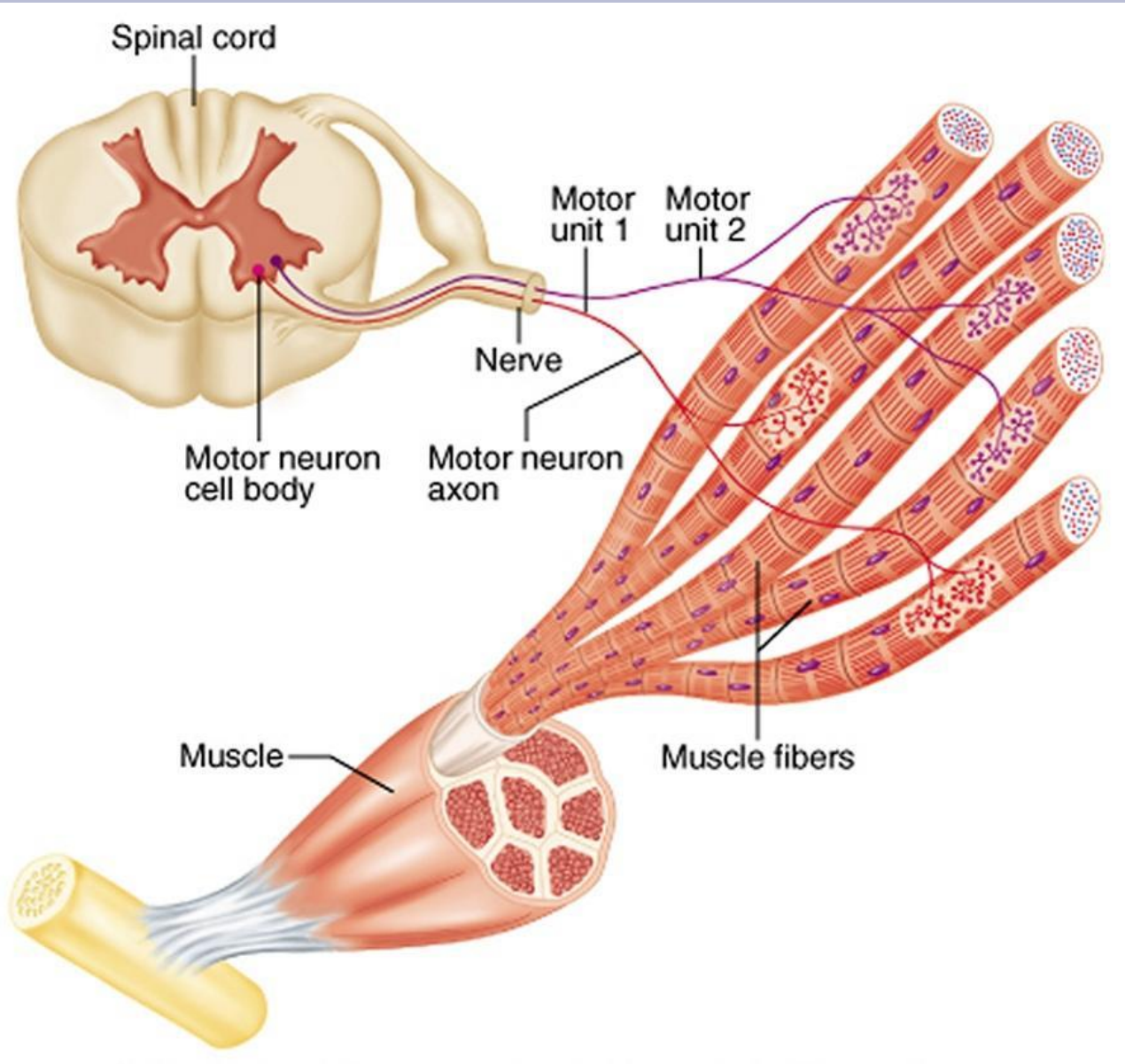
**Длительные,
50-70% МПК**

**Интенсивные,
> 70% МПК**



Некоторые физиологические эффекты связанные с разными типами тренировок.

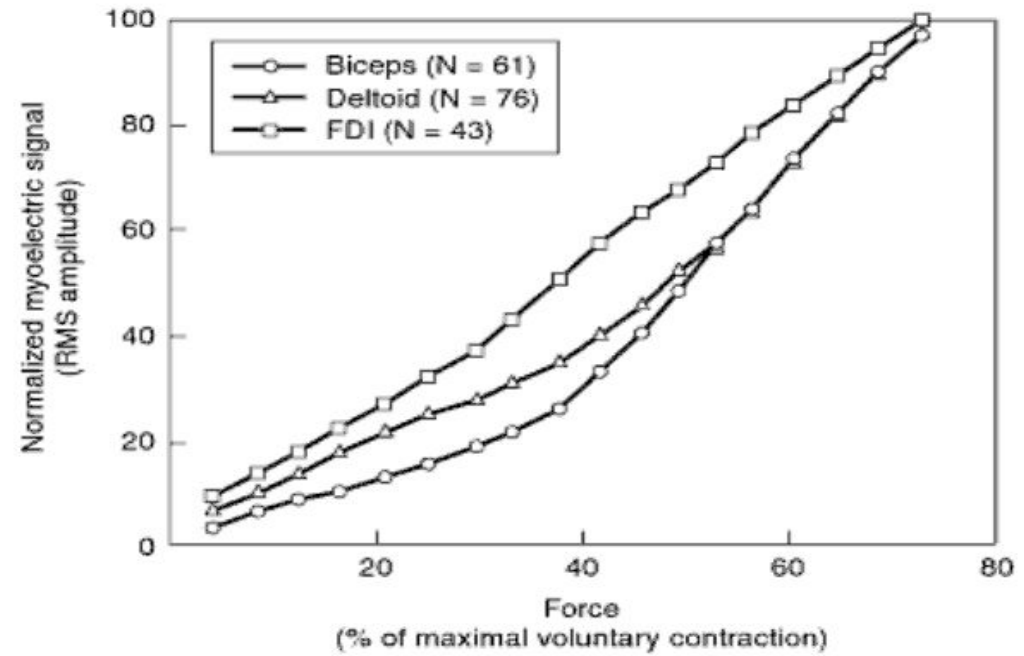
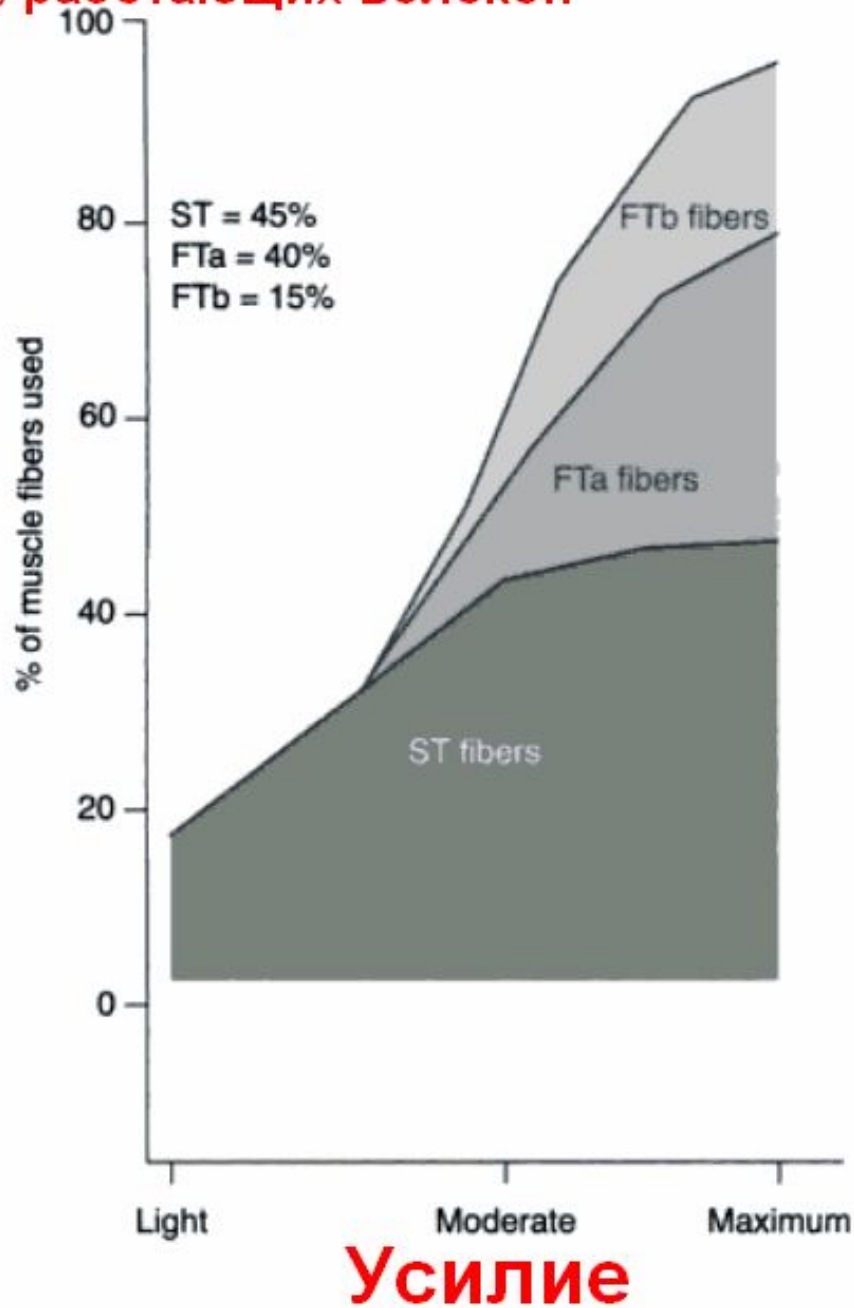
20. Двигательные единицы (motor units).



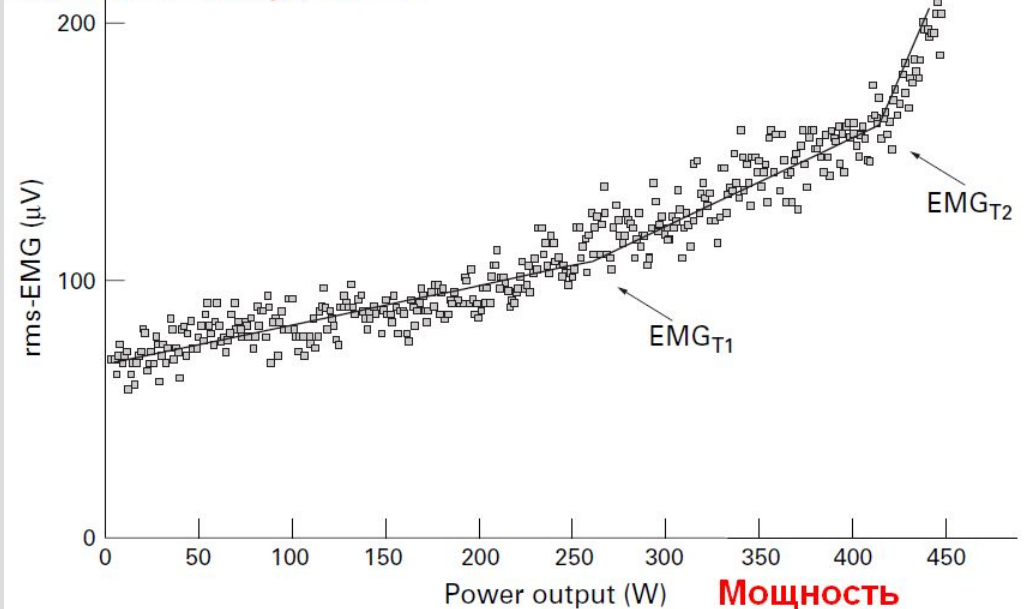
В мышцах обычно насчитывается от нескольких тысяч до нескольких сотен тысяч мышечных волокон, организованных в 50-300 двигательных единиц.

21. Двигательные единицы, рекрутизация, зависимость от усилия.

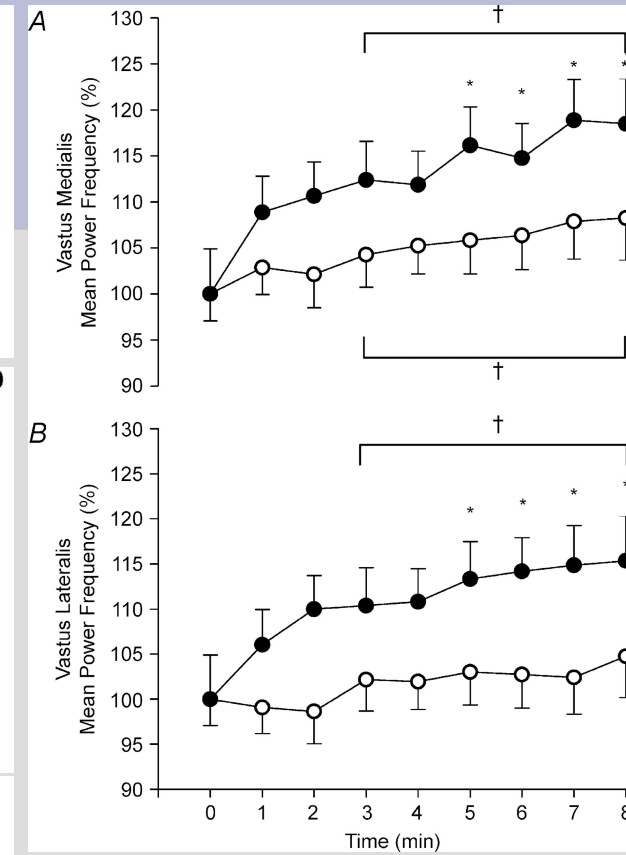
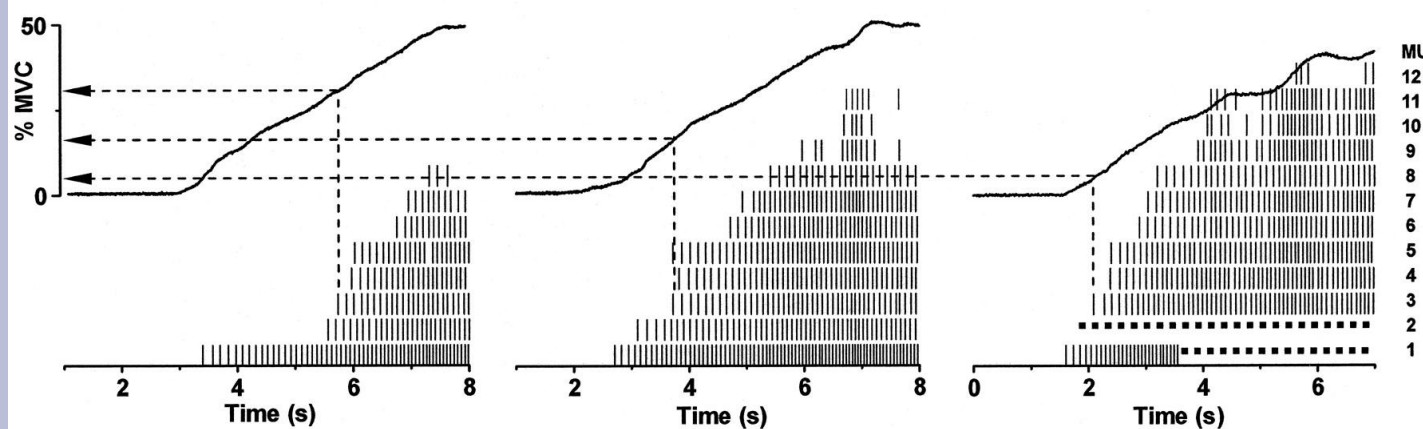
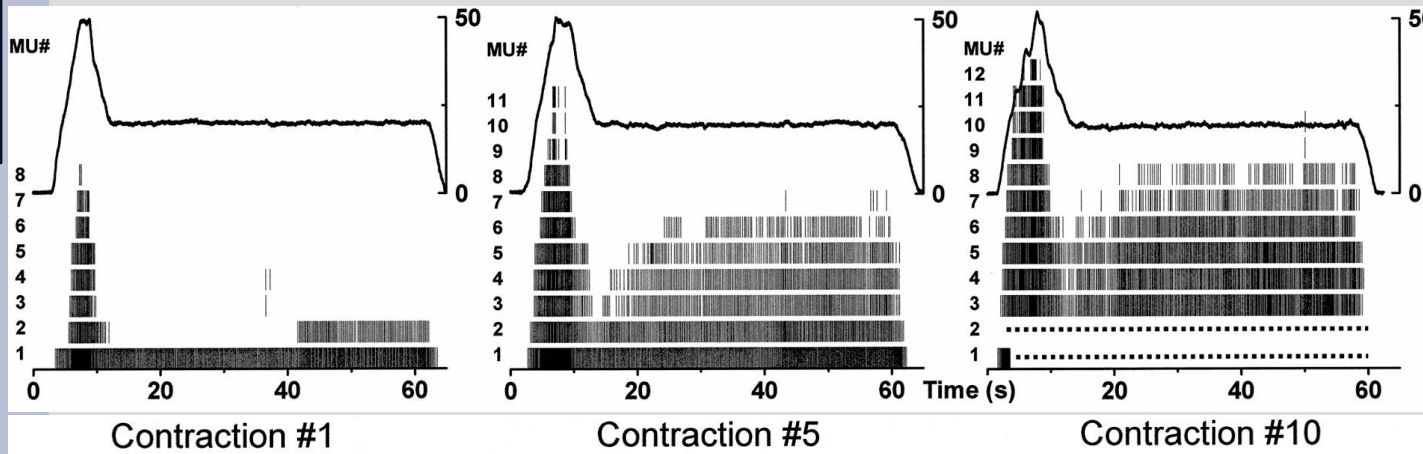
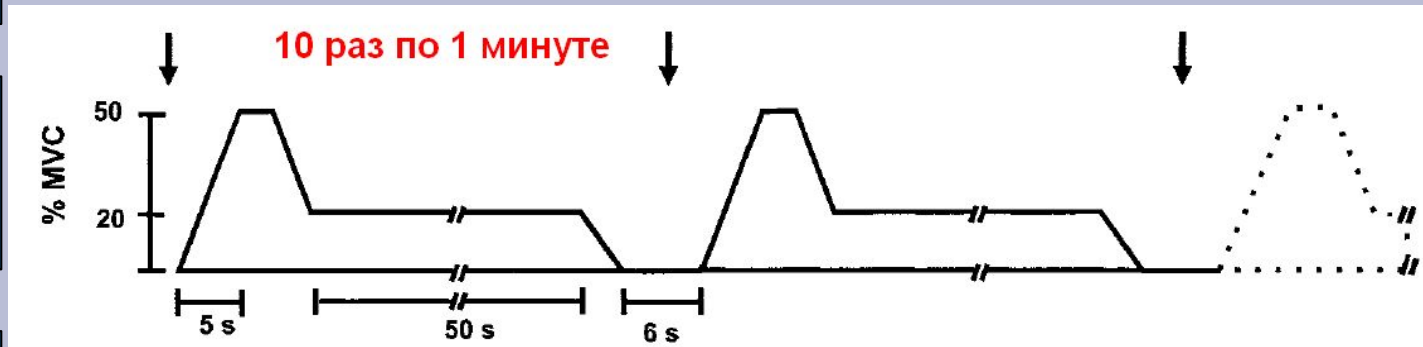
% работающих волокон



оценка амплитуды ЭМГ



22. Двигательные единицы, рекрутизация, зависимость от утомления и истощения гликогена.



Снижение запасов гликогена в работающих ДЕ также приводит к существенному снижению развиваемой ими мощности и для поддержания прежнего усилия включаются дополнительные ДЕ (это характерно для длительных тренировок).

При утомлении работающих ДЕ для поддержания прежнего усилия включаются дополнительные ДЕ.

23. Биохимические сигналы воздействия тренировок разной интенсивности.

Интенсивные High-intensity training

High energy
contractions

ATP → AMP



AMPK

Ключевой сигнал
Master switch

PGC-1 α

Длительные High-volume training

Repeated
contractions

↑[Ca²⁺]



CaMK

↑ Type I
fibres

↑ Mitochondrial
biogenesis

↑ Fat oxidative
capacity

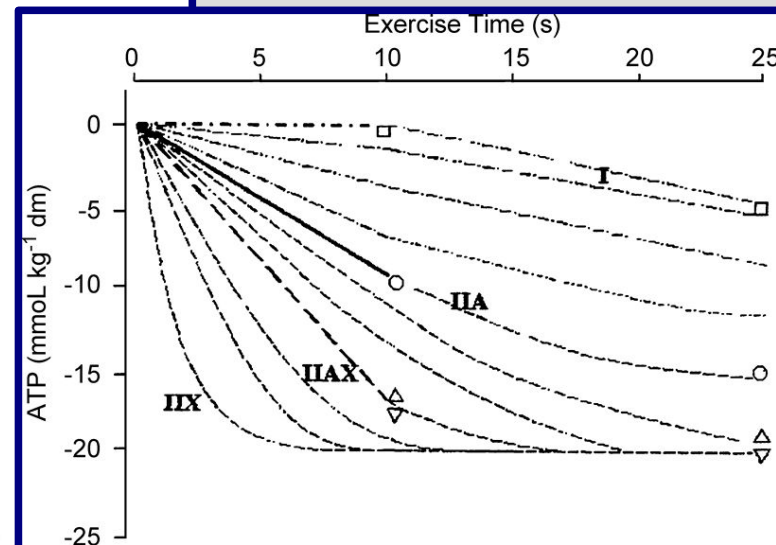
↑ GLUT4
↑ Glycogen

↑ % волокон I
типа

↑ Плотность
митохондрий

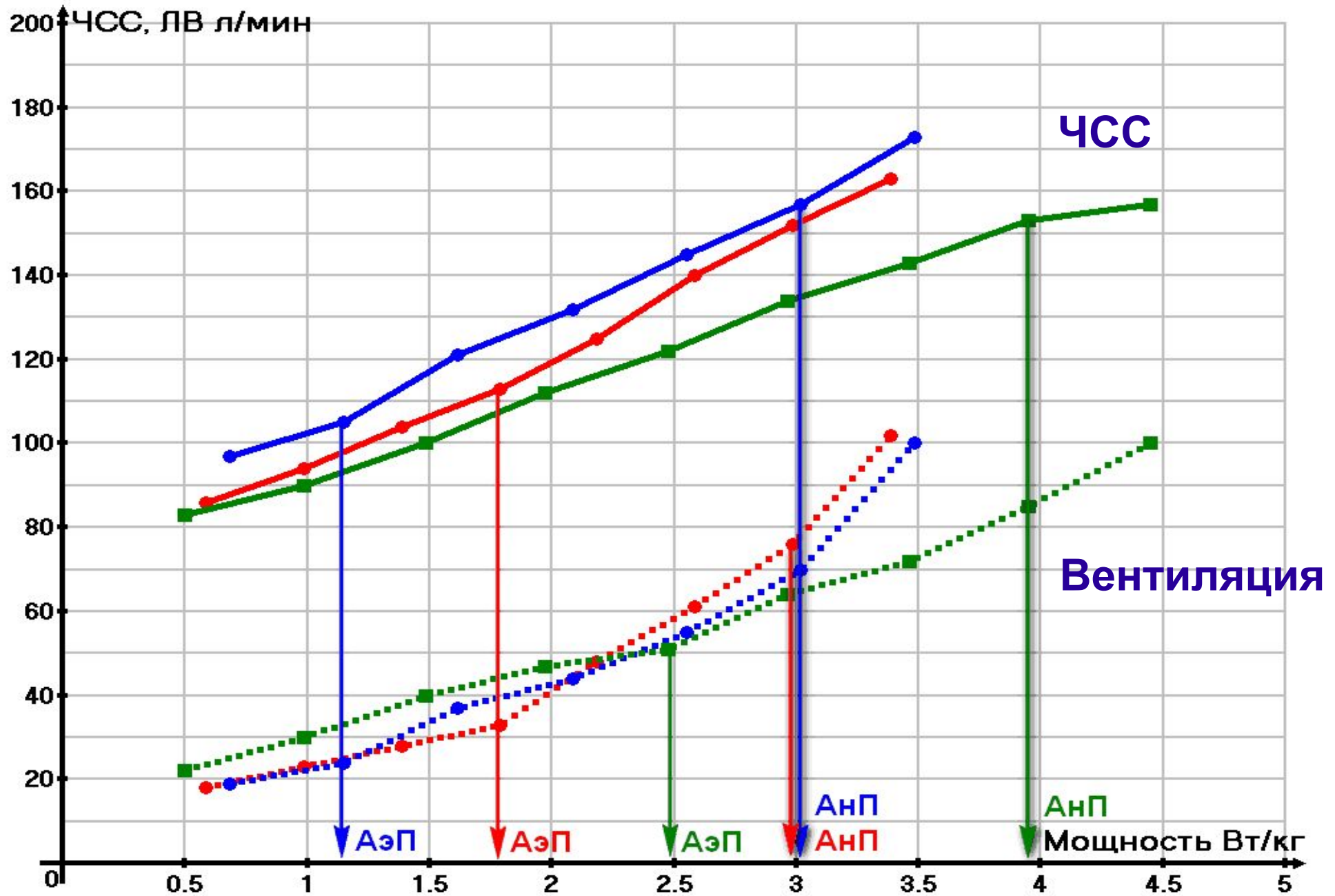
↑ Способность
окислять жиры

↑ Транспортеры
глюкозы, кол-во
гликогена

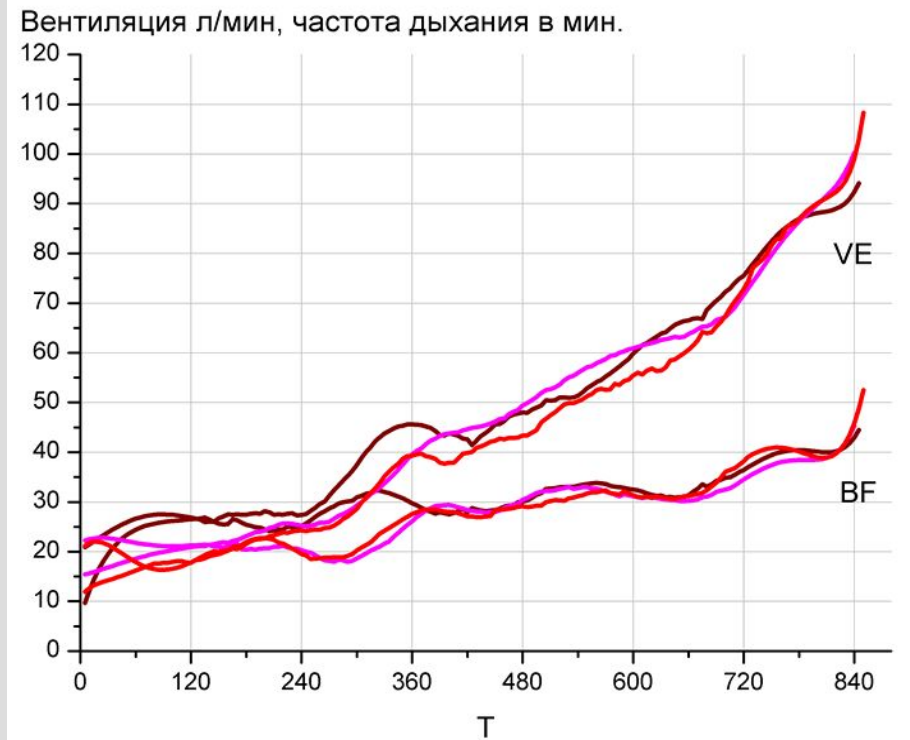
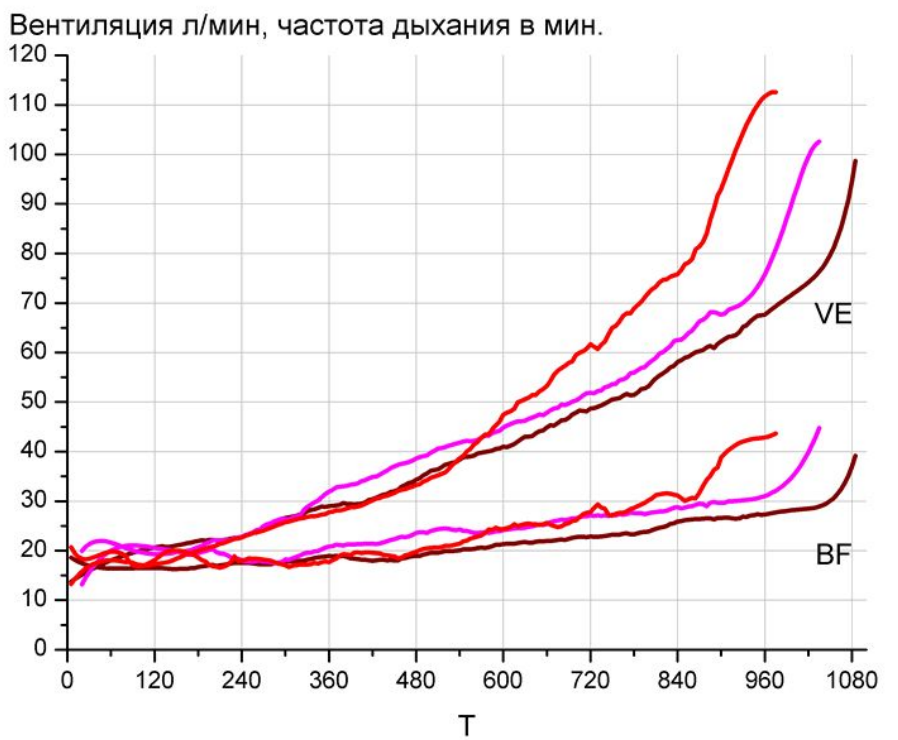
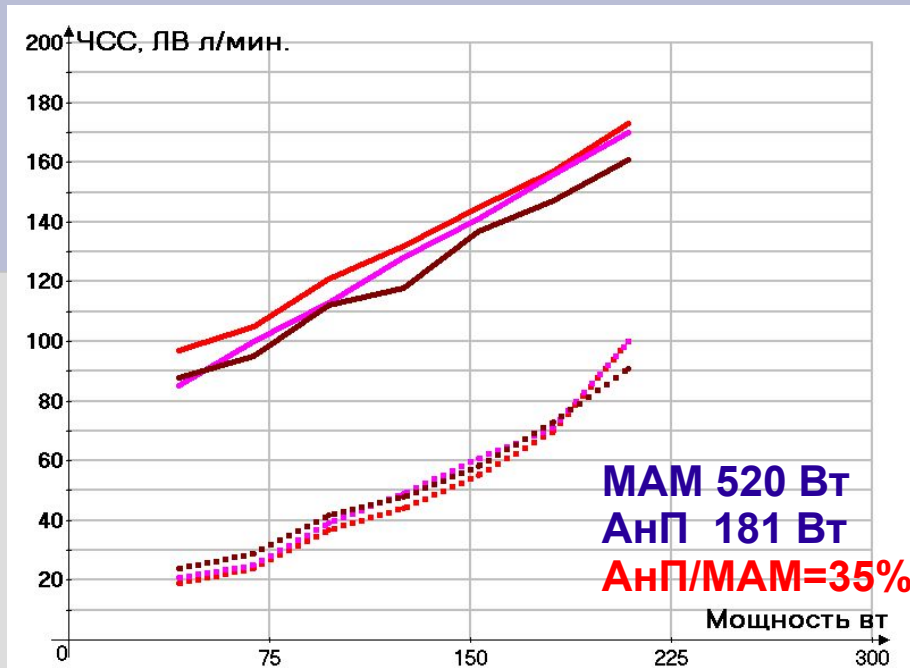
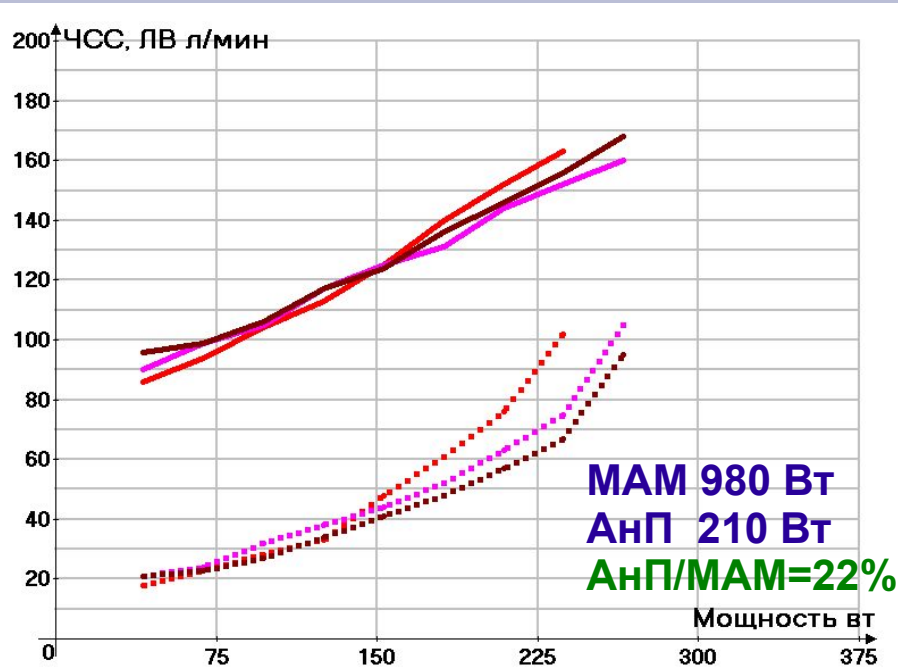


Основные физиологические сигналы, связанные с разными типами тренировок.

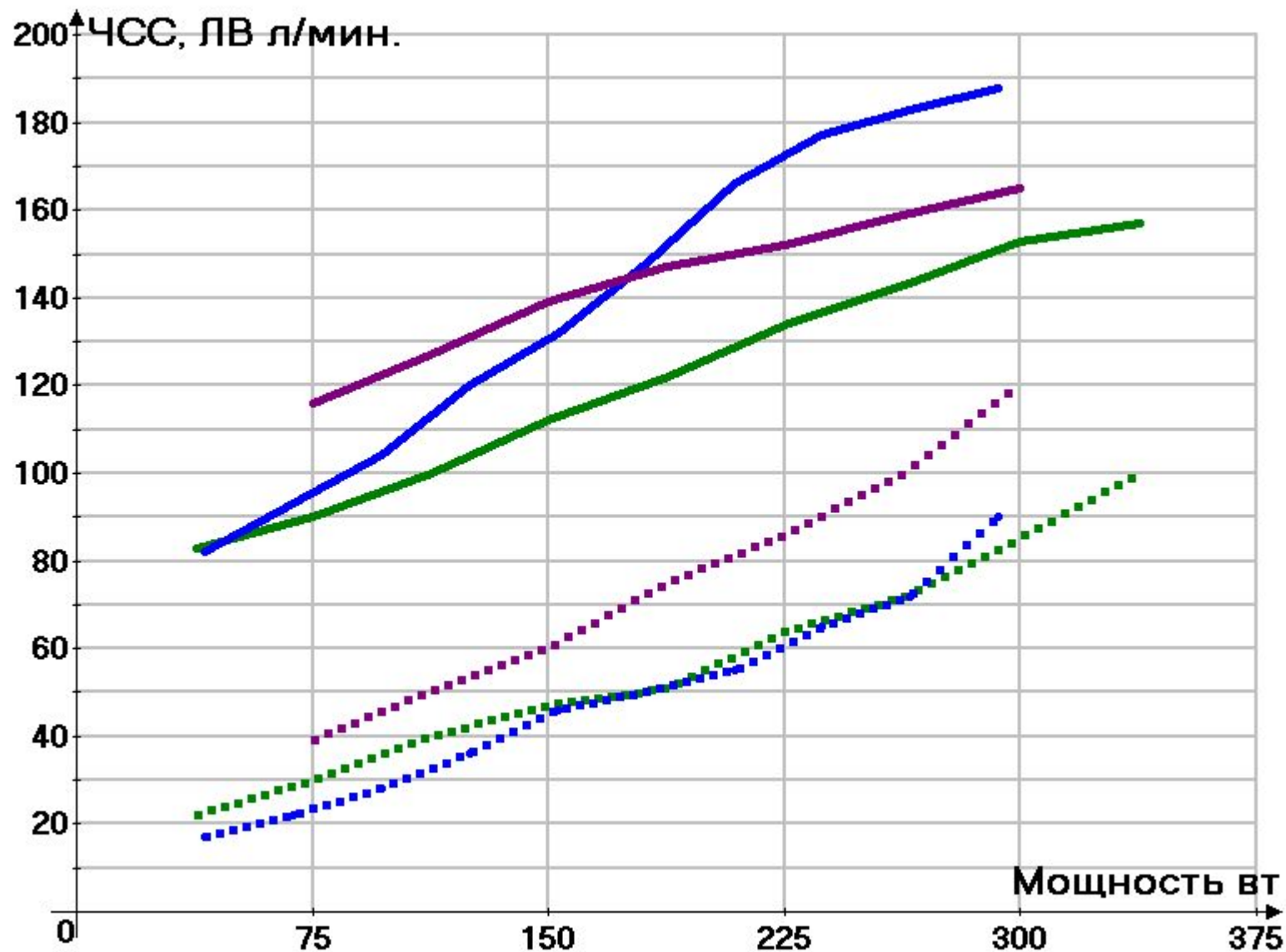
24. Эффекты от работы на умеренной мощности могут различаться для разных спортсменов.



25. Некоторые ограничители прогресса результатов. МАМ.



26. Некоторые ограничители прогресса результатов. ССС.

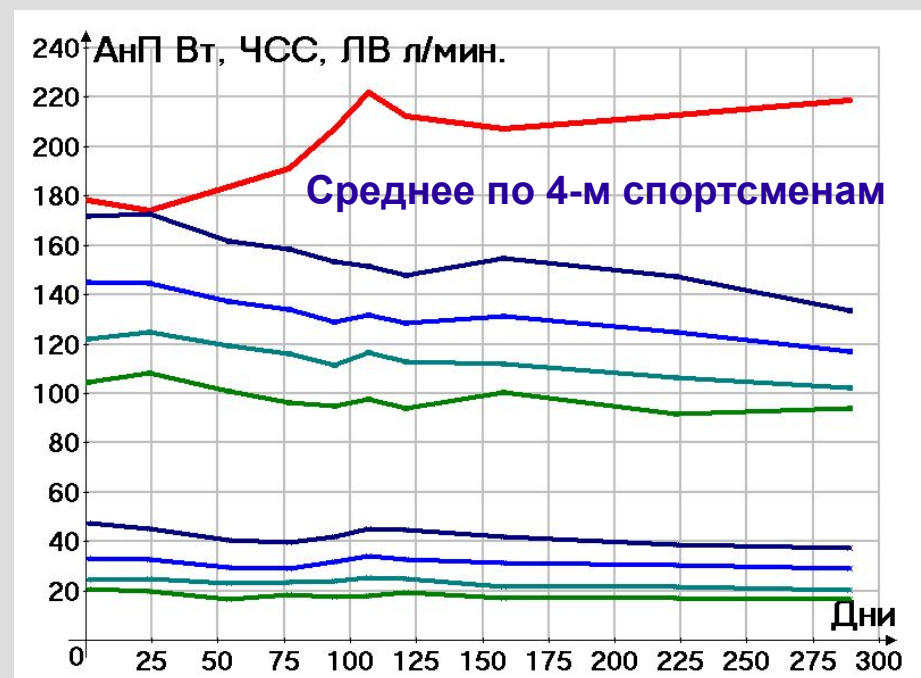
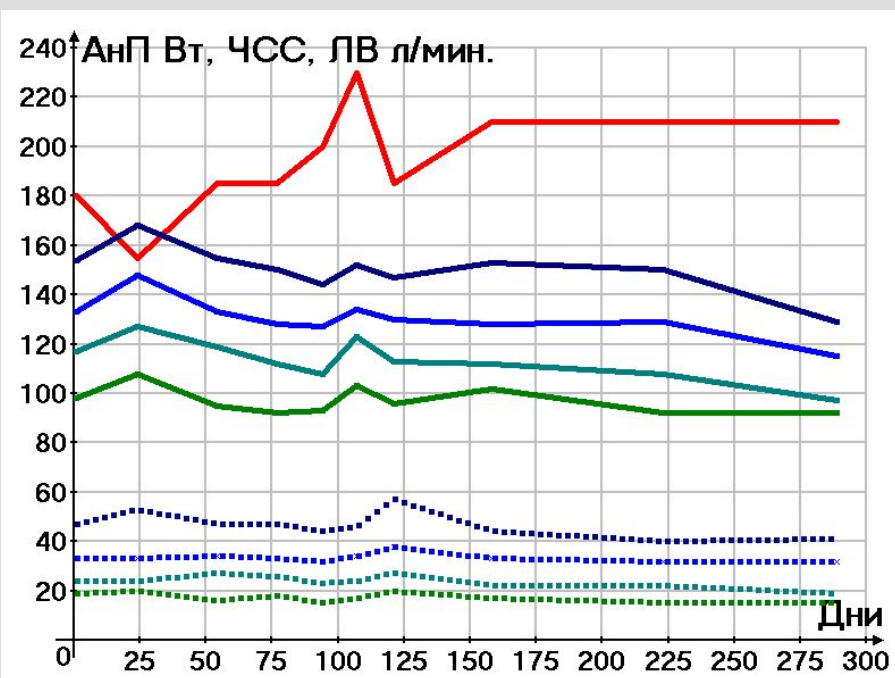
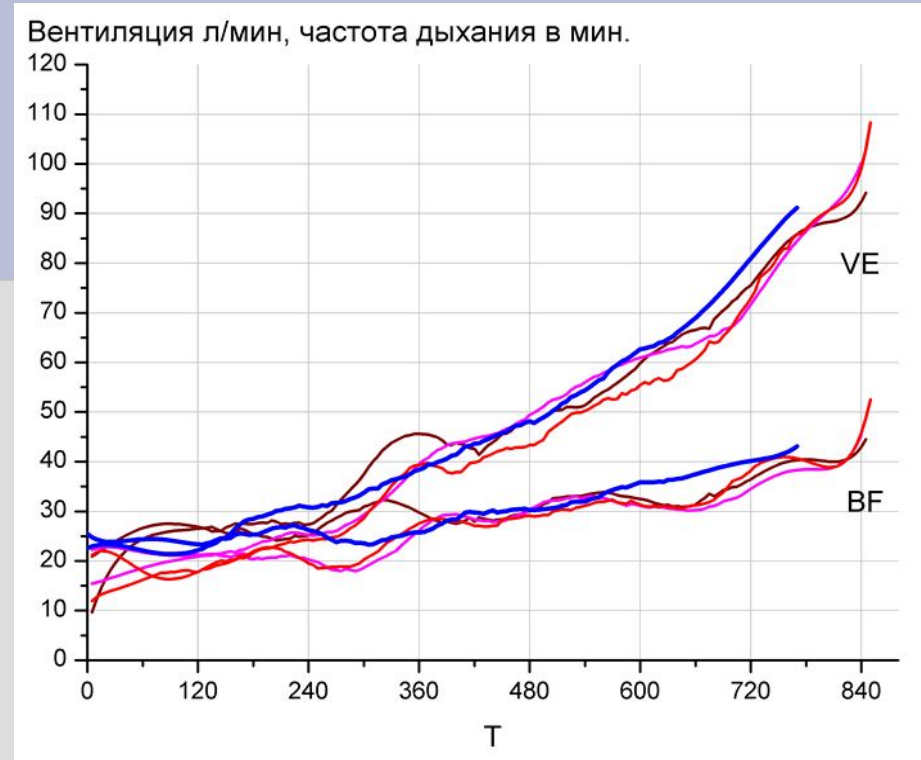
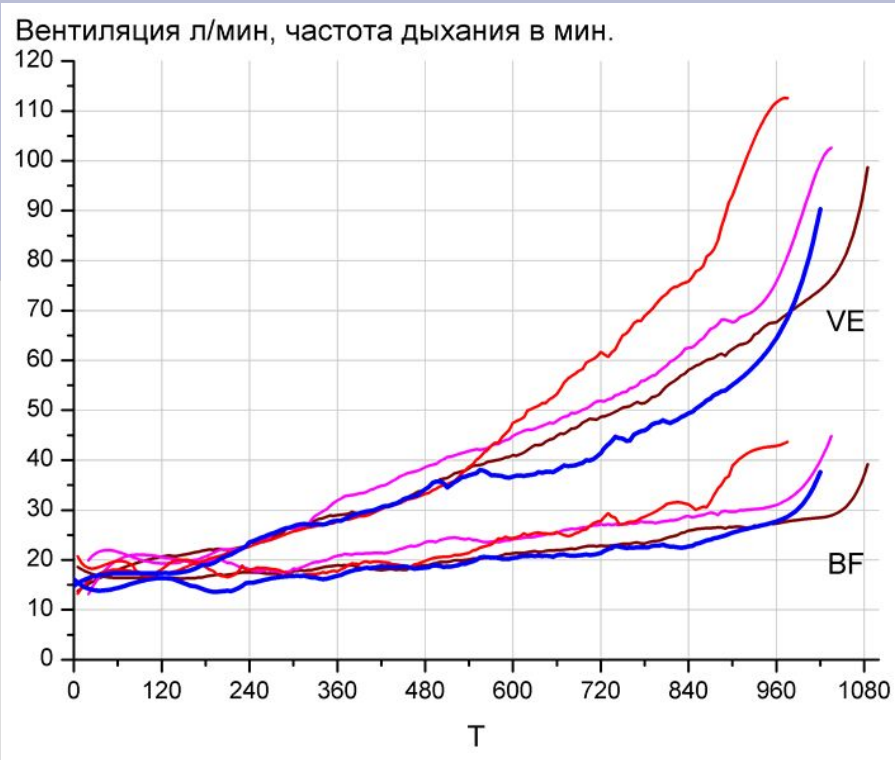


МАМ 850 Вт
АнП 265 Вт
АнП/МАМ=31%

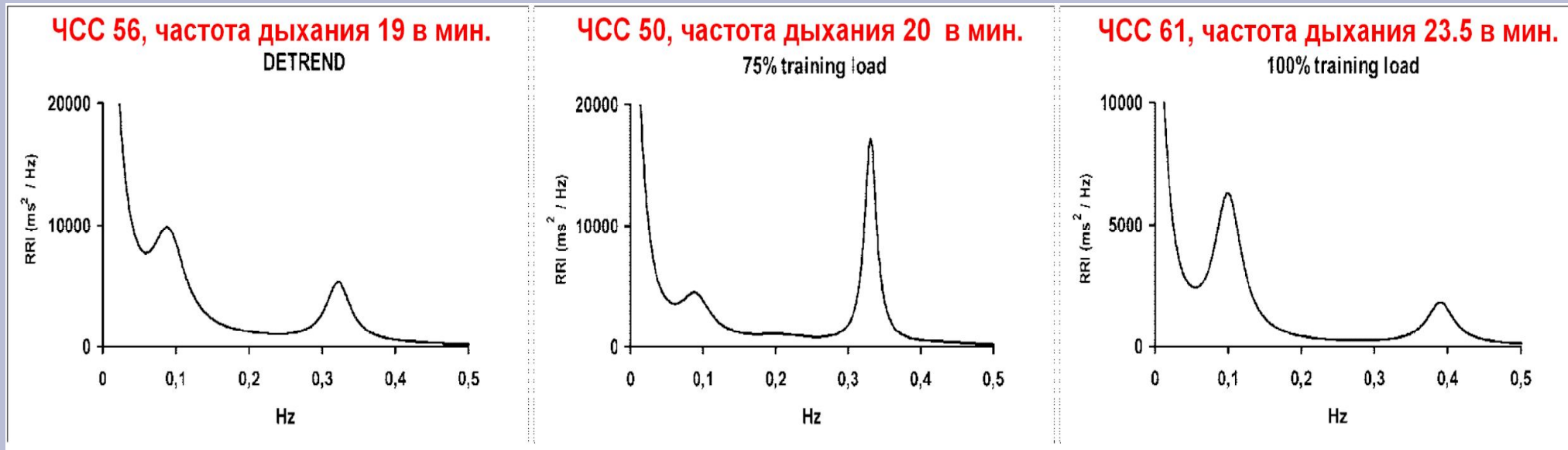
МАМ 1100 Вт
АнП 265 Вт
АнП/МАМ=24%

МАМ 825 Вт
АнП 300 Вт
АнП/МАМ=36%

27. Примеры отрицательного воздействия интенсивных тренировок.



28. Изменение спектра ВРС в зависимости от периода подготовки (доли интенсивных тренировок).



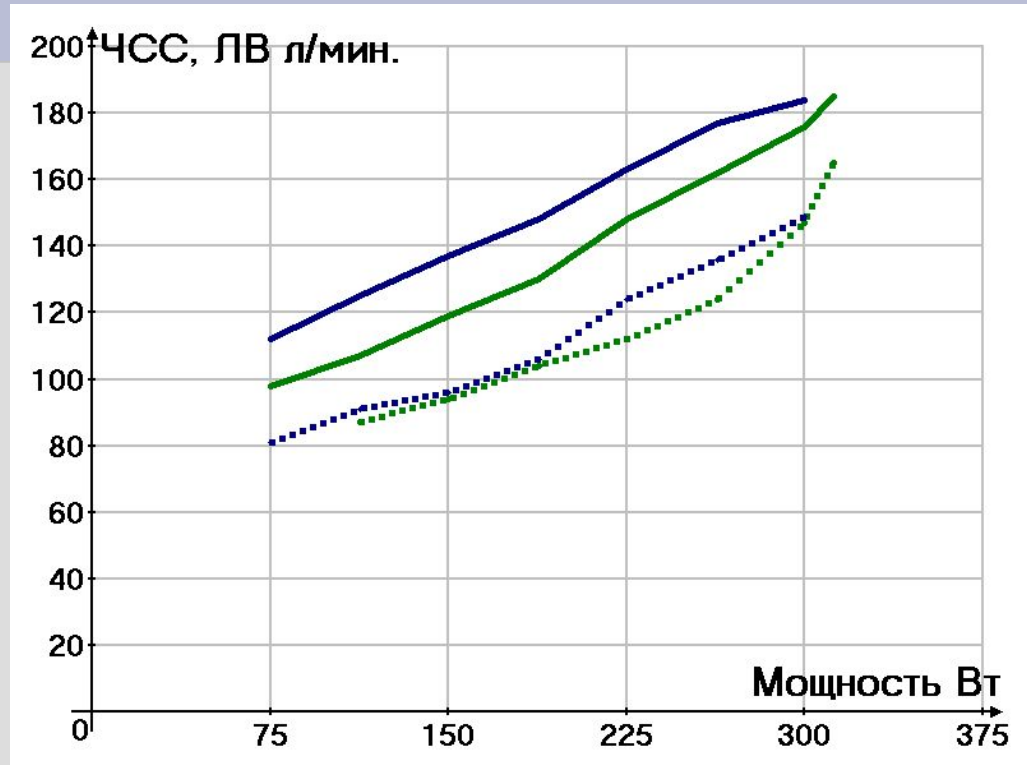
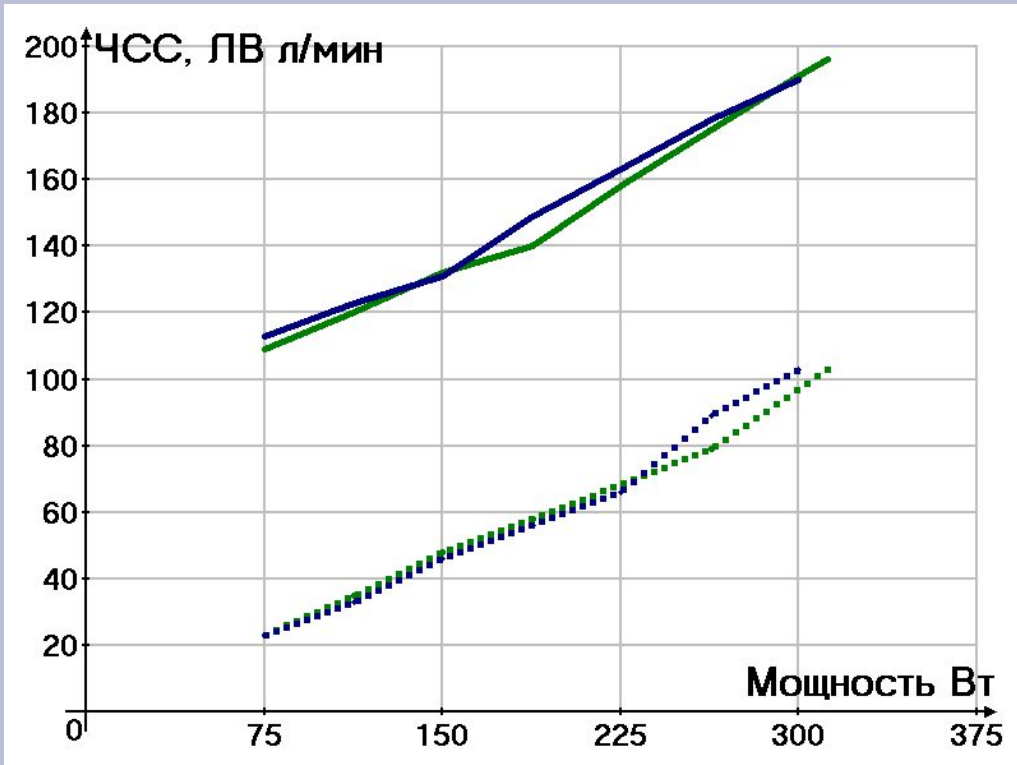
Пример из опыта подготовки итальянских гребцов.

Слева – спектр в переходном периоде, в этот период средняя ЧСС покоя 56 ударов в минуту.

В середине – спектр в подготовительном периоде со средней нагрузкой. Явное преобладание HF компоненты - высокий острый пик. Средняя ЧСС покоя снижается до 50 ударов в минуту.

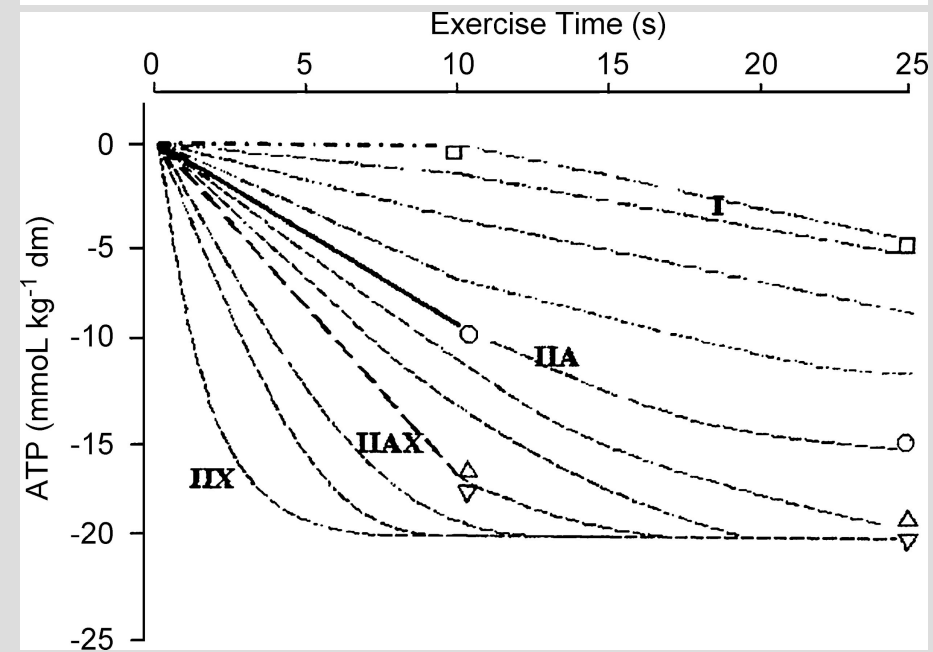
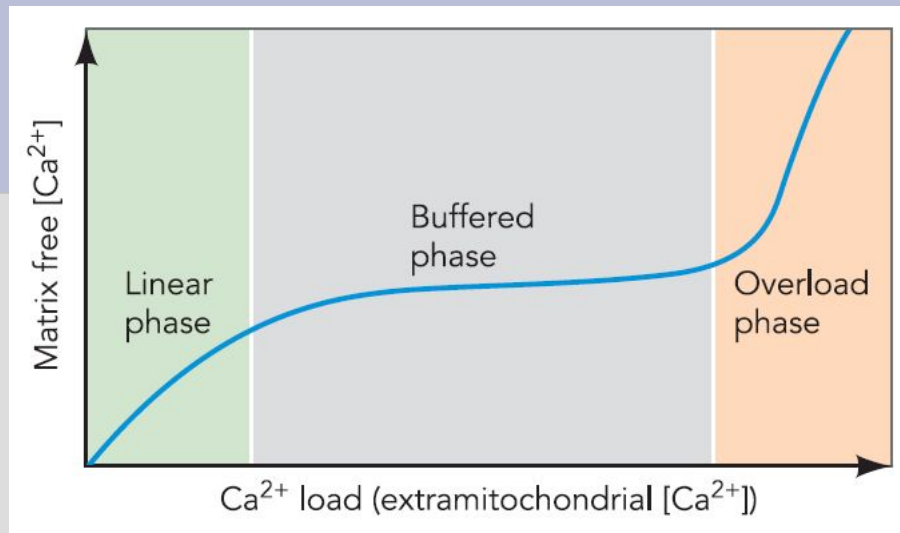
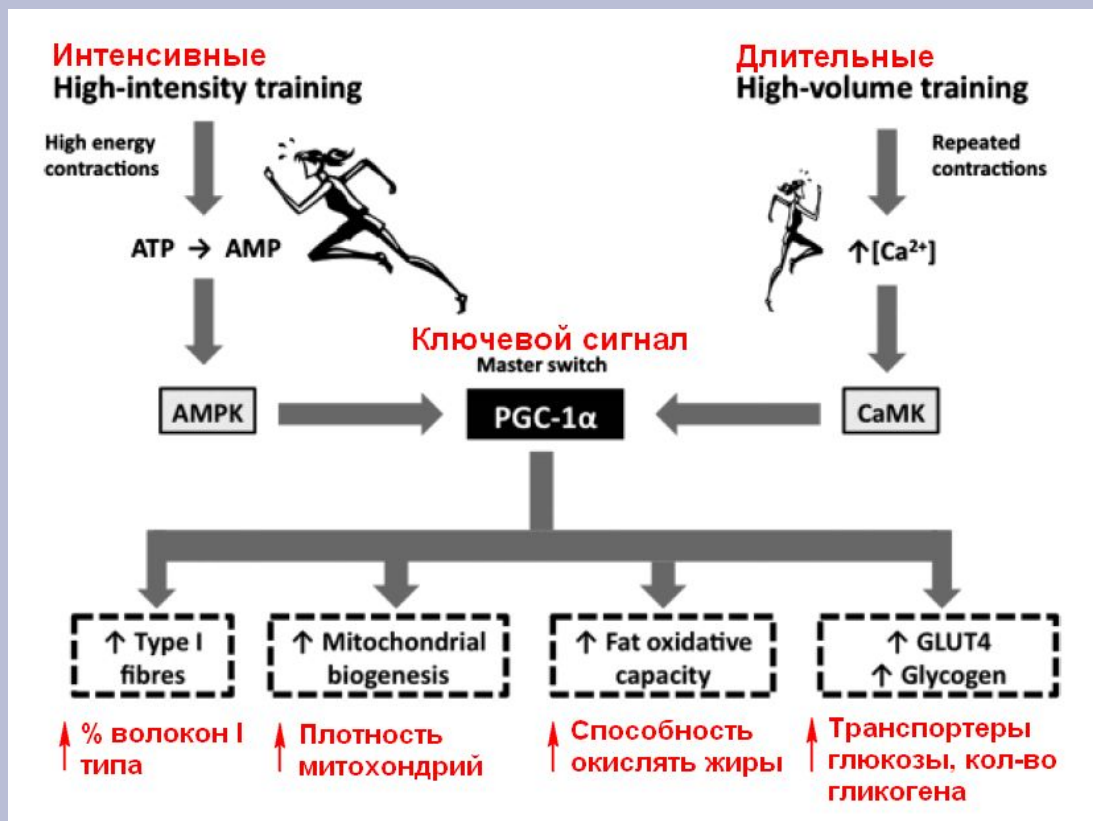
Справа – спектр в период подводки к Чемпионату Мира. Идут интервальные скоростные тренировки. Преобладание LF компоненты, пик HF сместился вправо (частота дыхания в покое увеличилась). Средняя ЧСС покоя повысилась до 61 удара в минуту.

29. Примеры воздействия чрезмерно жестких тренировок.



Пример изменений физиологических показателей спортсменов после изменения общей направленности подготовки, с резким увеличением объемов жесткой прыжковой имитации на рельефе.

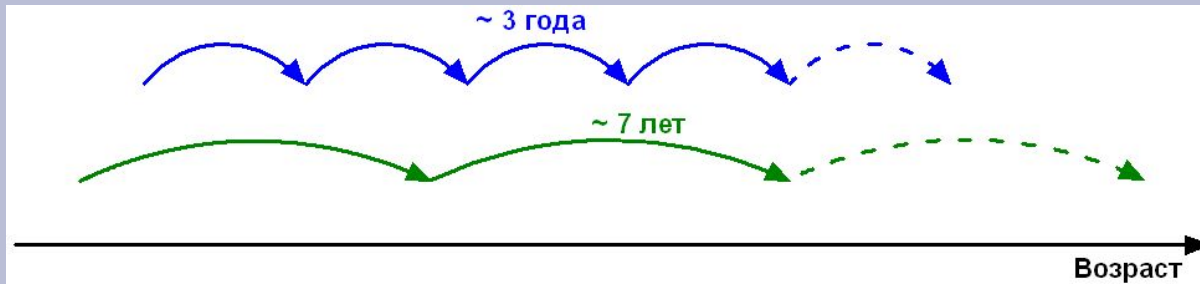
30. Возможные причины негативного воздействия чрезмерно жестких тренировок.

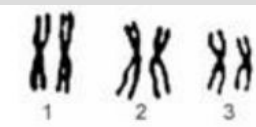








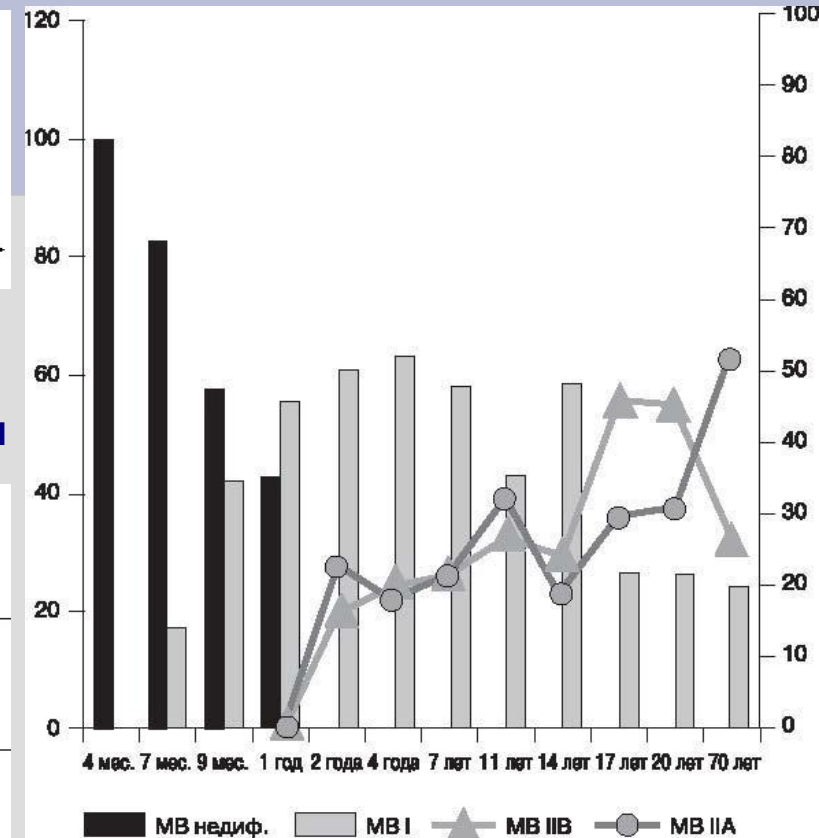
↓ АТФ → ↑ Ca²⁺ → ↑ Ca²⁺(митох.)
 ↓ рН → ускорение ↑ Ca²⁺(митох.)

Повышение концентрации кальция в клетке выше определенного предела вызывает поглощение кальция митохондриями. Может наступить фаза перегрузки кальцием и открытие пор митохондрий, очень вредное для клеток. Снижение рН в клетке резко ускоряет процесс поглощения кальция митохондриями.

31. Онтогенез. Влияние периодов развития на динамику результатов и на интерпретацию данных исследований и наблюдений.



	возраст		скорость заживления
I	1- 10 лет		$4,26 \pm 0,31$
II	11 - 24		$8,45 \pm 0,17$
III	25 - 38		$10,12 \pm 0,13$
IV	39 - 52		$12,77 \pm 0,20$
V	53 - 66		$15,50 \pm 0,41$
VI	67 - 80		$17,47 \pm 0,81$
VII	81 - 94		$30,0 \pm 0,50$



Клинические исследования скорости регенерации (скорость заживления различного типа ран) показало наличие периодов жизни длиной примерно в 14 лет, начиная с 10-летнего возраста. Между этими периодами скорость заживления меняется резкими скачками.

Спасибо за внимание.

Александр Вертышев

2010 г.

avertyshev@mail.ru