

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ»  
КАФЕДРА СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ И ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ**

**Дисциплина « Спортивная медицина»**

**Занятие 3**

# **Диагностика функционального состояния различных систем**

Преподаватель: к.б.н., доцент О.И. Коломиец

Профессор кафедры СМиФР

[Kolomiec\\_o@mail.ru](mailto:Kolomiec_o@mail.ru)

# Диагностика функционального состояния различных систем

## Цель занятия:

Научить диагностировать функциональное состояние человека.

## План занятия :

1. Значение и виды функциональных проб
2. Методы исследования нервной системы (анализаторов) у спортсменов
3. Исследование вегетативной нервной системы (ВРС)
4. Оценка и коррекция функционального состояния.

# 1. Значение и виды функциональных проб

- ▣ **Функциональная проба** — это какая-либо нагрузка (или воздействие), которая дается обследуемому с целью определения **функционального состояния, возможностей и способностей** какого-либо органа, системы или организма в целом.

В практике врачебного контроля за занимающимися физкультурой и спортом наиболее часто используются функциональные пробы с различными по характеру, интенсивности и объему **физическими нагрузками**, **ортостатическая проба**, гипоксемические пробы и функциональные пробы дыхательной системы.

Это объясняется тем, что нормирование физической нагрузки на занятиях физической культурой и спортом связано прежде всего с **функциональным состоянием кардиореспираторного аппарата**.

От адекватности нагрузки функциональному состоянию, резервным возможностям этой системы в значительной степени зависят эффективность и безопасность для здоровья физической тренировки.

# 1. Значение и виды функциональных проб.

## Пробы с физической нагрузкой

- Пробы с ФН одно-, двух- и трехмоментной.
  - Одномоментная проба- проба с 20 приседаниями, для выявления реакции организма на данную нагрузку
  - Двухмоментная - проба с 20 приседаниями, выполненная дважды с интервалом 3 мин, позволит оценить не только реакции организма на данную нагрузку, но и адаптацию организма.
  - Трехмоментная проба (Летунова) 20 приседаний, 15 сек бега в максимальном темпе и 3-х мин бега в темпе 180 шагов в мин.- позволяет выявить реакцию организма на скоростные нагрузки и на выносливость.
- 

# 1. Значение и виды функциональных проб.

## Пробы с физической нагрузкой

Пробы с количественной дозировкой:

Проба Шефарда, Гарвардский степ-тест, проба Новакки, проба физической работоспособности, определение максимального потребления кислорода (МПК), пробы с изометрической нагрузкой.

Специфические пробы. В этих пробах характер выполнения ФН имитирует деятельность, соответствующей определенному виду спорта атлета.

Бей с тенью, броски чучела, ведение баскетбольного мяча с броском в кольцо, гребля на тренажере, велотренажер и т.д.

Сочетанные пробы:

ФН+МС

ФН+ХП

ФН+ТП

# 1. Значение и виды функциональных проб.

## Пробы БЕЗ физической нагрузкой

Задержка дыхания на вдохе (Штанге) или выдохе (Генче)- (рекомендуется при отборе лидера в весовой категории единоборств Панюков В.М., 2009г.)

Пробы с вдыханием воздуха с различным содержанием кислорода/углекислого газа.

Пробы с пищевыми добавками и фарм препаратами.

Проба с электростимуляцией

Проба по определению зрительно-моторной реакции и т.д.

# Методы исследования нервной системы у спортсменов

- **острота зрения** Для определения остроты зрения используются специальные таблицы (таблицы Головина-Сивцева), в одной половине которых располагается 12 рядов букв различной величины, в другой - ряды кружков с разрывом вверху, внизу или слева. При нормальной остроте зрения, проверяемой с расстояния 5 м (поочередно для одного и другого глаза), спортсмен должен в течение 2-3 с назвать буквы в 1-10-й строчках таблицы (или сказать, в какую сторону направлены разрывы в черных кружках).
- **поле зрения (периферическое зрение)**- в командн видах спорта
- **состояние глазного дна** (в норме оно колеблется от 17 до 26 мм.рт.ст.)
- **цветоощущение** (обычно с помощью специальной книги - полихроматических таблиц Рабкина ) **и др.**

# Методы исследования нервной системы у спортсменов

- ❑ **Исследование слухового анализатора**
- ❑ **Функциональные пробы (координационные пробы) Различают простую и усложненные пробы Ромберга.**
- ❑ При обследовании функционального состояния центральной нервной системы могут быть использованы *словесный (ассоциативный) и корректурный эксперименты, электроэнцефалография и реоэнцефалография.*
- ❑ **Ассоциативный эксперимент**, предложенный А.Г. Ивановым-Смоленским, заключается в анализе слов-ответов испытуемого на слова-раздражители экспериментатора. При этом учитывается латентный период ответов, который характеризует преобладание возбудительного или тормозного процесса, а стабильность ответной реакции в течение всего эксперимента характеризует силу возбудительного процесса (по данным М.М. Круглого, латентный период ответов у спортсменов-разрядников составляет в среднем 1,7 с). Удлинение латентного периода ответов свидетельствует о слабости возбудительного процесса.

# Методы исследования нервной системы у спортсменов

- **Корректурный эксперимент** заключается в вычеркивании одного знака или комплекса знаков за обозначенный промежуток времени. Оценивая результаты, учитывают общее количество просмотренных знаков, а также число их, просмотренное на каждой минуте эксперимента, и количество допущенных ошибок. Этот метод исследования, наряду с данными опроса, позволяет оценить силу, уравновешенность и подвижность нервных процессов.
- Теппинг –тест

# Исследование вегетативной нервной системы

- Большое внимание уделяется исследованию ВНС, регулирующей функции кровообращения, дыхания, пищеварения, выделения и др.
- Нормальная деятельность ВНС очень важна в обеспечении гомеостаза.
- Через вегетативную нервную систему осуществляется **адаптационно-трофические** влияния центральной нервной системы, которые в значительной степени обуславливают функциональное состояние всего организма.
- **В вегетативной нервной** системе выделяют симпатический и парасимпатический отделы, которые оказывают противоположные влияния на функции иннервируемых ими органов (например, возбуждение симпатического отдела приводит к учащению сердцебиений, а парасимпатического - к замедлению их).
- Однако симпатический и парасимпатический отделы могут действовать синергически (например, в критической ситуации, требующей незамедлительной адаптации к неожиданным воздействиям, симпатический отдел обеспечивает быструю мобилизацию энергетического потенциала организма, его адаптацию к изменившимся условиям, а парасимпатический - активно включается в действие, если напряжение становится длительным).
- **Проба на дермографизм (кожно-сосудистая реакция)**
- **Ортостатическая проба**
- **Ортостатическая проба по Шеллонгу**
- **Функциональное состояние вестибулярного анализатора**
- **Проба Барани.**

(Вегетативные расстройства - Вейн А. М. )

# Исследование вегетативной нервной системы

## ▣ **Проба на дермографизм (кожно-сосудистая реакция)**

Выполняя ее, по коже проводят тупым концом металлической или деревянной палочки несколько штрихов. Через 5-15 с после раздражения на коже появляется полоска - розовая (в норме), белая (при повышенной возбудимости симпатической иннервации кожных сосудов), красная или выпукло-красная (при повышенной возбудимости парасимпатической иннервации кожных сосудов).

## ▣ **Проба Ашнера**

При поведении пробы Ашнера подсчитывается пульс в покое за 15 с ( $f_1$ ), затем подушечками большого и указательного пальцев производятся надавливания на глазные яблоки в течение 10 с с подсчетом пульса ( $f_2$ ). После прекращения надавливания на глазные яблоки продолжается подсчет пульса в течение двух 15-секундных интервалов ( $f_3$  и  $f_4$ ). Разница между значениями  $f_1$  и  $f_2$  указывает на степень замедления пульса, а величины  $f_3$  и  $f_4$  характеризуют восстановление его после надавливания.

- ▣ При нормальной возбудимости парасимпатического отдела вегетативной нервной системы пульс урежается на 6-12 уд/мин (наблюдается обычно у спортсменов с хорошим состоянием тренированности). При замедлении пульса более чем на 16 уд/мин реакция на пробу Ашнера считается усиленной. Если же пульс учащается, то говорят об извращенной реакции, а при отсутствии изменения пульса - об отрицательной реакции.

## ▣ **Ортостатическая проба**

Дает представление о симпатическом отделе вегетативной нервной системы, ее часто используют при исследовании сердечно-сосудистой системы спортсмена, так как она позволяет судить о регуляции сосудистого тонуса. Заключается ортостатическая проба в переводе тела из горизонтального положения в вертикальное или близкое к нему. При этом направление главных сосудов будет совпадать с направлением действия силы тяжести, обуславливающей возникновение гидростатических сил, затрудняющих кровообращение. Влияние гравитационного поля Земли на деятельность сердечно-сосудистой системы довольно значительно при снижении адаптационной способности аппарата кровообращения: может существенно страдать кровоснабжение головного мозга, что выражается в развитии так называемого ортостатического коллапса. Ортостатическая проба как метод функциональной диагностики часто используется в клинической практике. Ее проводят при экспертизе трудоспособности, при диагностике гипотонических состояний и в других случаях. Широкое применение она нашла при обследовании летчиков и космонавтов. Весьма перспективной ортостатическая проба, проводимая в различных вариантах, оказалась при обследовании спортсменов. При переходе из горизонтального положения в вертикальное затрудняется кровоток в нижней половине тела. Особенно затрудняется он в венах, что приводит к депонированию в них крови, степень которого зависит от тонуса вен. Возврат крови к сердцу значительно уменьшается, в связи с чем на 20-30% может снижаться систолический выброс. Частота сердечных сокращений при этом компенсаторно увеличивается, что позволяет поддерживать минутный объем кровообращения на прежнем уровне.

Учащение пульса не превышает 15-20 уд/мин.

Более выраженная реакция на ортостатическую пробу может наблюдаться у детей.

# Исследование вегетативной нервной системы

- ❑ **Ортостатическая проба по Шеллону** представляет собой активную пробу, при которой испытуемый самостоятельно переходит из горизонтального положения в вертикальное и в дальнейшем стоит неподвижно. Чтобы уменьшить наблюдаемое при этом напряжение мускулатуры, Ю.М. Стойда (1974) предложил изменить вертикальную позу испытуемого на другую, при которой ноги его находятся на расстоянии одной ступни от стены, а сам испытуемый опирается на нее спиной, под крестец подкладывается валик диаметром 12 см. При такой позе достигается более выраженное расслабление мышц. Угол наклона тела относительно горизонтальной плоскости составляет около  $75^\circ$ .
- ❑ **Функциональное состояние вестибулярного анализатора**
- ❑ Можно оценить с помощью специальных проб, которые подразделяют на активные (т.е. выполняемые самим испытуемым) и пассивные. Некоторые из них мы уже описали выше (*проба Ромберга* и *пальценосовая проба Барани*). Довольно проста и *информативна проба Яроцкого*: выполнение в положении стоя кружений головой в одну сторону (вправо или влево) в темпе два кружения в 1 с. Фиксируется время сохранения равновесия. У нетренированных оно составляет в среднем 28 с. У спортсменов время сохранения равновесия может составлять 60-80 с и более.

# Исследование вегетативной нервной системы

- ▣ **Проба Барани.** Испытуемый усаживается в кресло и закрывает глаза, производят 10 оборотов кресла за 20 с. После остановки вращения наблюдается нистагм глаз (т.е. ритмические горизонтальные движения глазных яблок, связанные с раздражением полукружных каналов), средняя продолжительность которого – 20-30 с. Оцениваются также отклонения туловища и вегетативные реакции (сдвиги пульса артериального давления и т.д.). Удлинение времени нистагма до 80-100 с и более, а также появление тошноты и рвоты указывают на повышенную возбудимость полукружных каналов.
- ▣ **Проба академика В.И. Воячека.** Выполняется она следующим образом (используется метод так называемого двойного вращения): испытуемый сидит в кресле с закрытыми глазами, склонив голову вперед на  $90^\circ$ . В течение 10 с производят пять вращений кресла. Затем, спустя 5 с после остановки, ему предлагают поднять голову. До проведения пробы и после нее подсчитывается пульс и измеряется артериальное давление. Оценку отолитовой реакции проводят по степени соматической и вегетативной реакций. Различают 4 степени выраженности соматической реакции на вращение: при нулевой степени (норма) соматическая реакция отсутствует, при I (слабой) - отмечается лишь незначительное отклонение туловища ( $5^\circ$ ), II (средний) - явный наклон туловища (до  $30^\circ$ ) и III (сильный) - резкое отклонение туловища (более  $30^\circ$ ), наклонность к падению (К.Л. Хилов, 1952). Оценку вегетативных реакций проводят по схеме К.Л. Хилова в модификации П.И. Готовцева (табл. 16).

# ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА (ВСП)

## □ Firstbeat-мониторинг

- Вариабельность сердечного ритма (ВСП) является широко используемым маркером вегетативной регуляции сердца, отражающей колебания интервалов RR в коротких или продолжительных записях времени [Akselrod S. 1981; Heart rate variability 1996; Vonnemeier H, 2003] модулируется дыханием, центральными вазорегуляторными центрами, периферическими петлями барорефлекса и генетическими факторами [Baumert M, 2006; Romanowicz M. 2011; Макаров Л. 2014]. Вариабельность ритма сердца уменьшается с возрастом и имеет гендерные различия [Vonnemeier H, 2003].
- Снижение ВСП является приближением к неспособности подавлять неадаптивную сердечную вегетативную реакцию на стресс. С другой стороны, повышение ВСП способствует поведенческой адаптации и когнитивной гибкости, которые являются неотъемлемыми признаками срыва адаптации, а так же предсказывает возникновение различных заболеваний и состояний, таких как диабетическая невропатия или дисфункция левого желудочка после острого инфаркта миокарда [Kamm A. 1996].

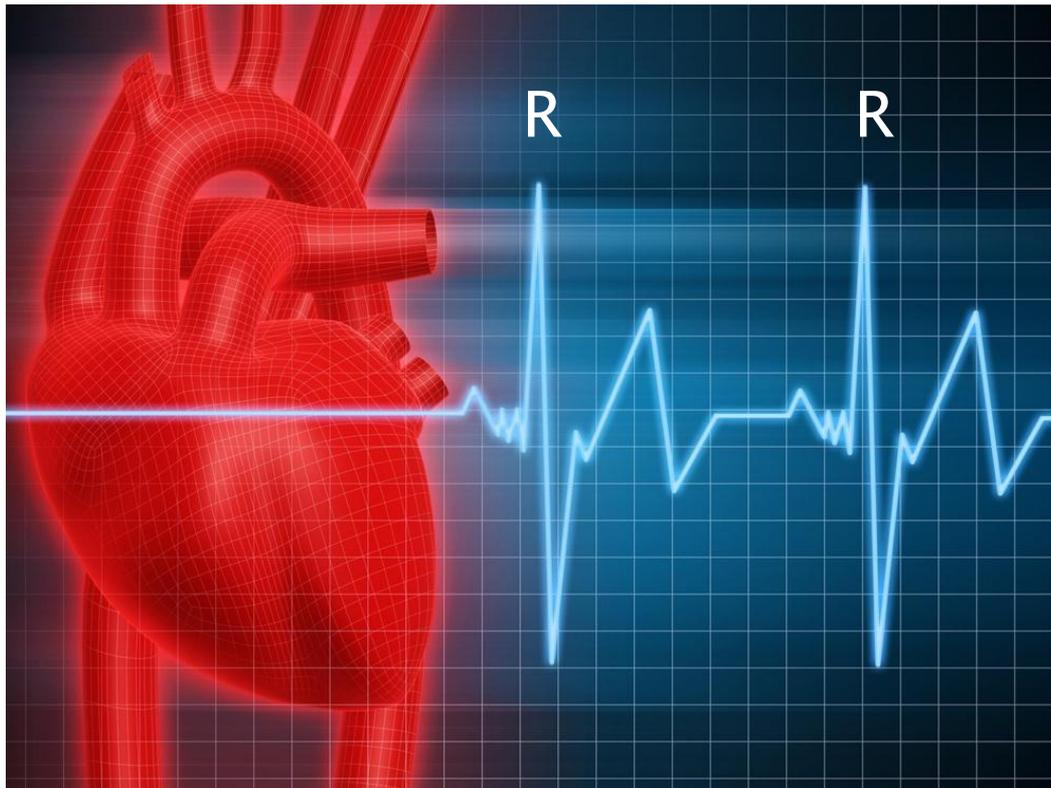
# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ТРЕНИРОВОЧНОГО И ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА СПОРТСМЕНОВ

## (FIRSTBEAT-МОНИТОРИНГ НА ОСНОВЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА)

### □ Firstbeat-мониторинг

- Для регистрации динамики показателей функционального состояния кардио-респираторной системы спортсмена регистрируется биканальная ЭКГ при помощи АПК «Firstbeat-Sport» [Финляндия, г. Ювяскюле, Firstbeat Technologies Ltd., Сертификат соответствия № РОССФИ.АГ98.Н06491/ № 1323273].
- соответствии с задачами микроцикла, с помощью датчика Firstbeat с беспроводным интерфейсом, в течение 7-ми суток осуществлялся 24-часовой мониторинг и анализ дисперсии QT (Орешкина И.Н. 2017). Для оценки адаптации спортсмена к *сочетанной* нагрузке проводится регистрация характеристик многофункционального и метаболического состояния организма в покое, при достижении анаэробного порога, наибольшей нагрузки и восстановления значений изучаемых систем в течение 24 часов после функциональной пробы. Процедура выполнения пробы включала четыре ступени повышающейся нагрузки (4 по 3 мин), мощностью 60, 120, 180, 260 Вт и числом оборотов 60 об/мин на фоне ментальной нагрузки - проба «Математический счет» [Вейн, А.М. 2003, Коломиец О.И. 2007].

## Вариабельность сердечного ритма: RR-интервалы (мс)



889  
884  
351  
398  
873  
798  
869  
927  
955  
902  
1014  
970  
949  
972  
886

# Необходимое оборудование

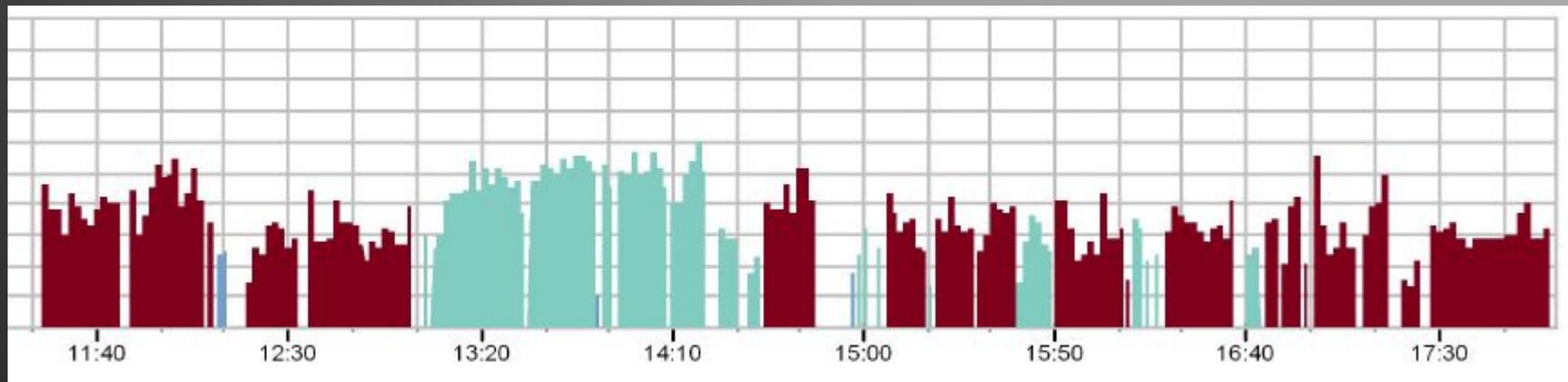
- Для оценки восстановления рекомендуется **сенсор-PP-И Бодигард**
- Для мониторинга за тренировочной нагрузкой рекомендуется **Suunto team POD**
- Имеется ряд совместимых дивайсов, работающих с программой Фёстбит



SUUNTO  
TEAM POD



# Определение источников стресса и уровень восстановления при помощи Фёстбит



## Стресс

Состояние повышенной возбудимости организма вызванное внешними либо внутренними факторами стресса

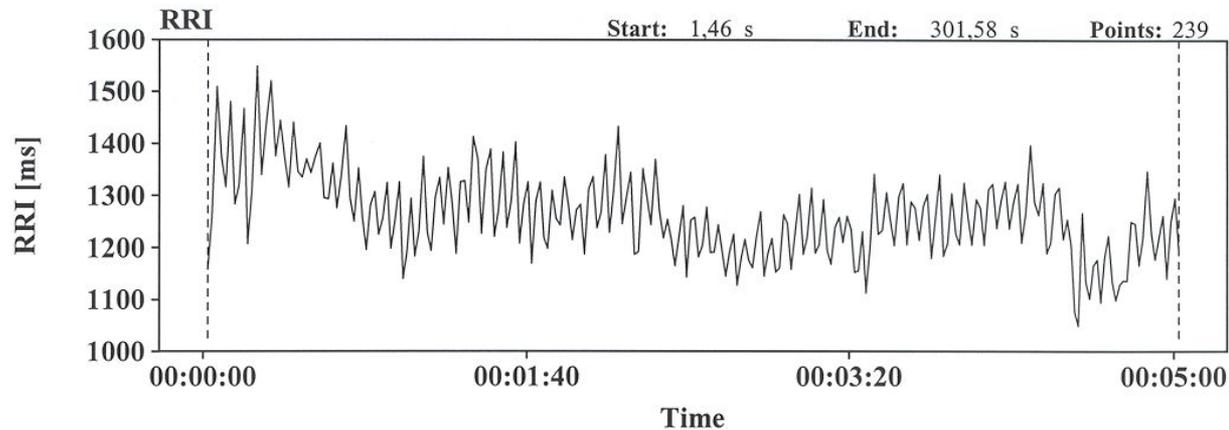
”Высокая ЧСС низкая ВСР”

## Восстановление

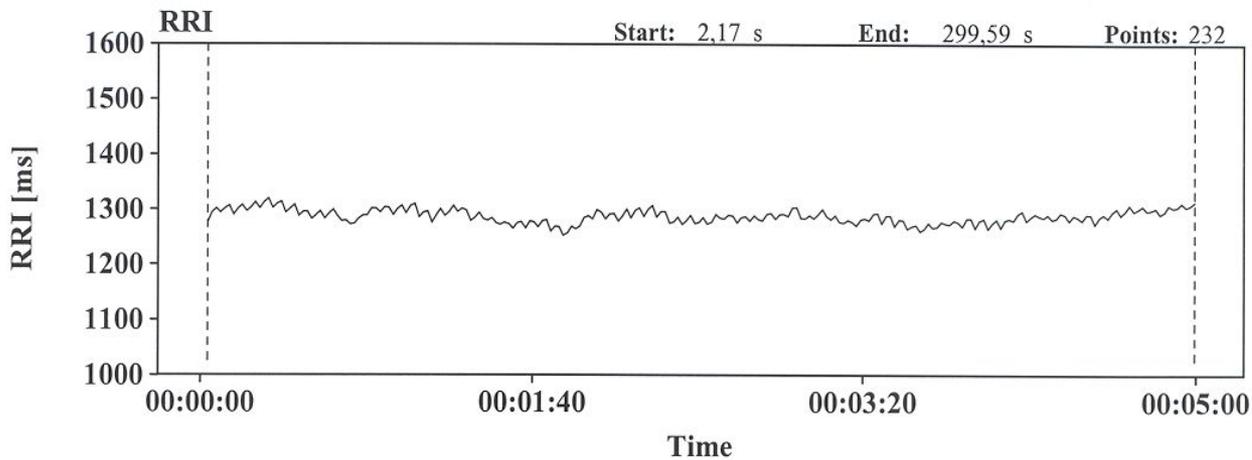
Пониженное состояние активности организма обусловленное отсутствием факторов стресса

”Низкая ЧСС и высокая ВСР«

# BCP и синдром переутомления



нормальное  
восстановление  
пульс 48 уд/мин  
SDRRI 82 мс



в состоянии  
переутомления  
после 8 недель  
изнурительных  
тренировок  
пульс 47 уд/мин  
SDRRI 12 мс

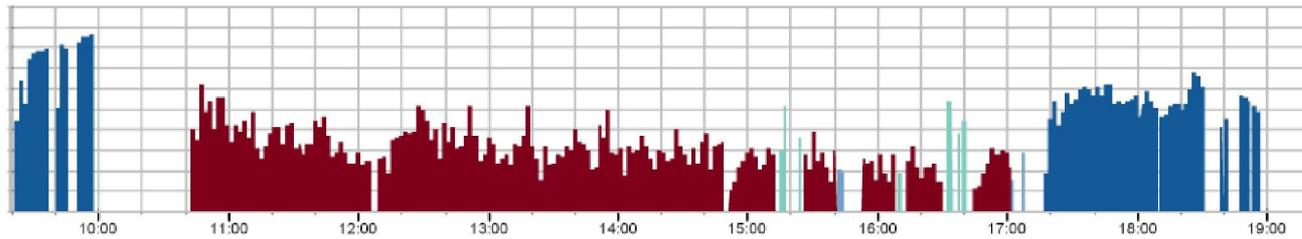
Синдром переутомления, проблема с точки зрения диагностики и лечения. Uusitalo 2000, Lääkärilehti

# Анализ дневного стресса – мелочи определяют результат!

**первая  
тренировка**

**Встреча с друзьями,  
поход по магазинам**

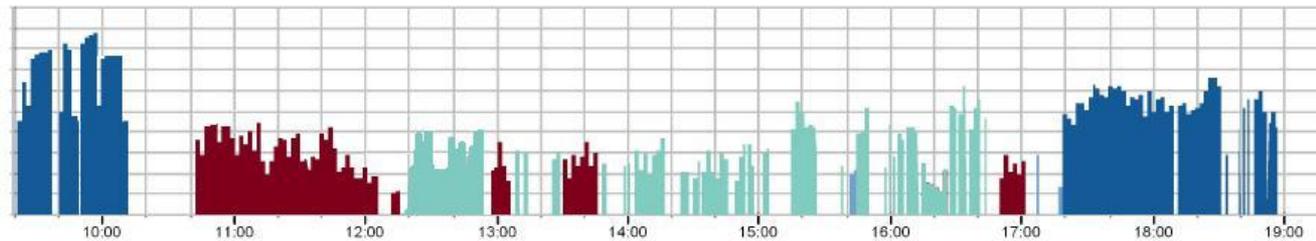
**вторая  
тренировка**



**первая  
тренировка**

**дневной сон и чтение книги**

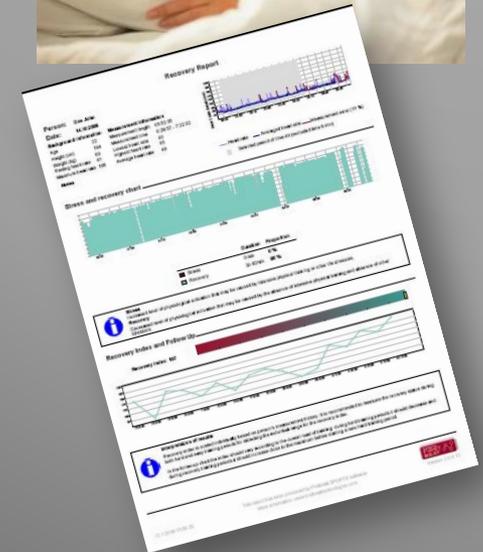
**вторая  
тренировка**



# Тест восстановления на программе Фёстбит

Измерения делаются ночью во время сна

- Позволяет исключить внешние факторы раздражения
- Первые четыре часа считаются наиболее критичными с точки зрения восстановления
- Регулярные измерения дают более точную и надёжную информацию об уровне восстановления
- Определяет индивидуальный индекс уровня восстановления

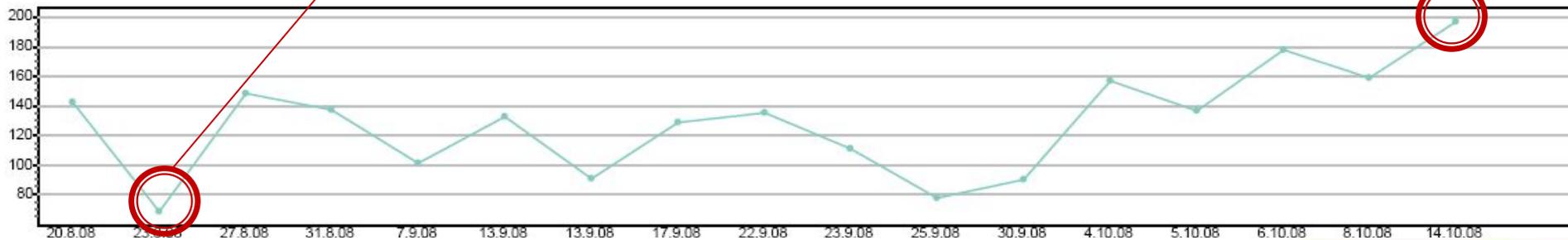


# Индивидуальная шкала уровня восстановления

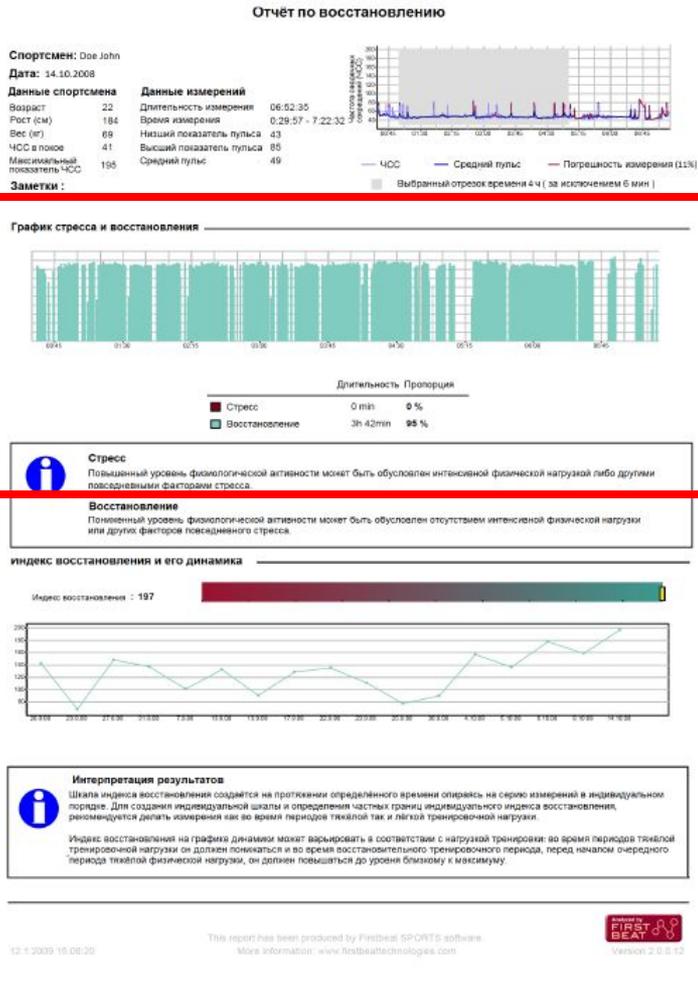
BCP достаточно чувствительный и точный метод для слежения за восстановлением, но с большой интериндивидуальной вариацией.

=> Моделирование индивидуальной шкалы основывается на предыдущих измерениях и помогает в интерпретации результатов

Recovery Index: 197



# Отчёт по восстановлению

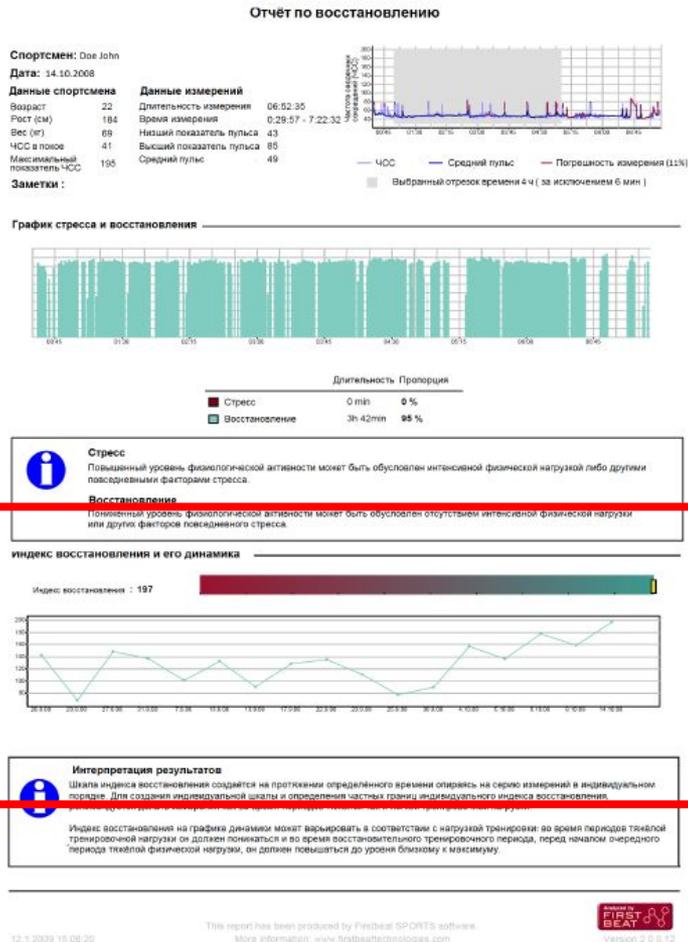


## ”Quick Check”

Даёт общее представление о восстановлении:

- если вся диаграмма зелёного цвета - восстановление было достаточным
- если начало ночи отображено красным - восстановление посредственное
- если вся диаграмма красного цвета - рекомендуется день отдыха
- была ли длительность сна достаточной?

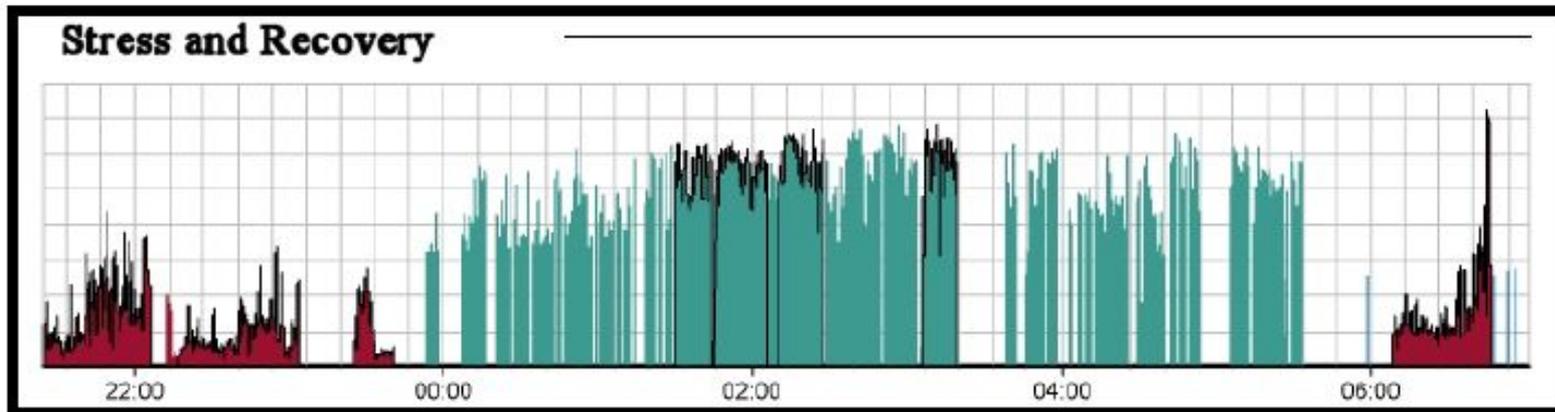
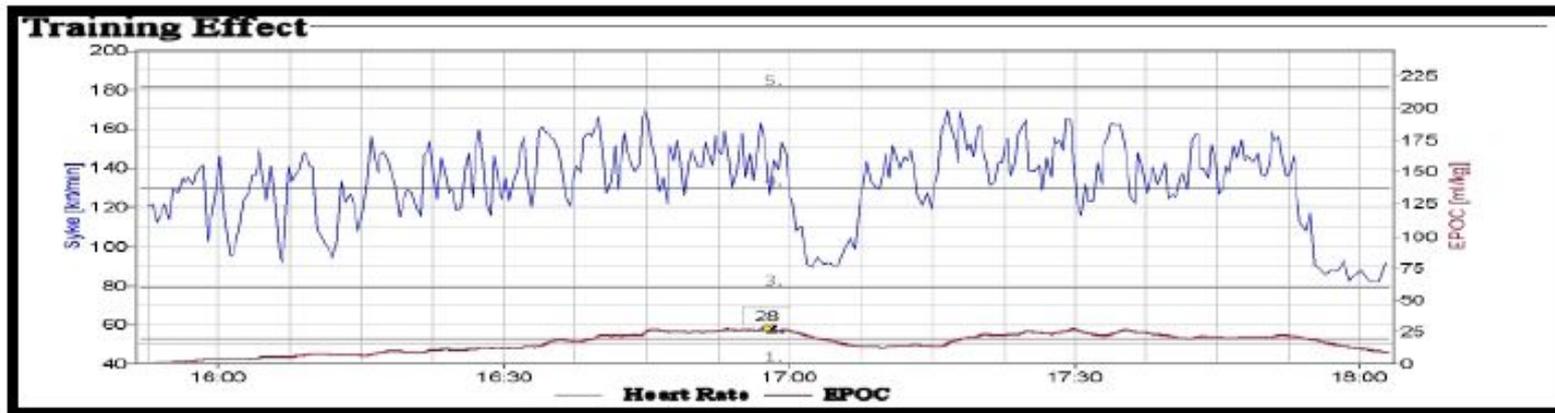
# Отчёт по восстановлению



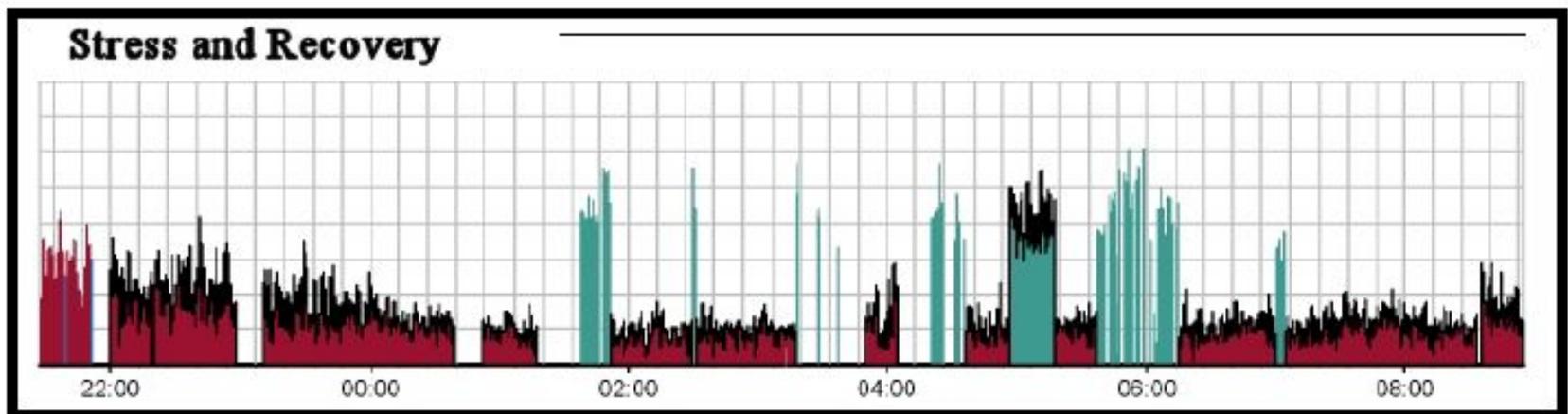
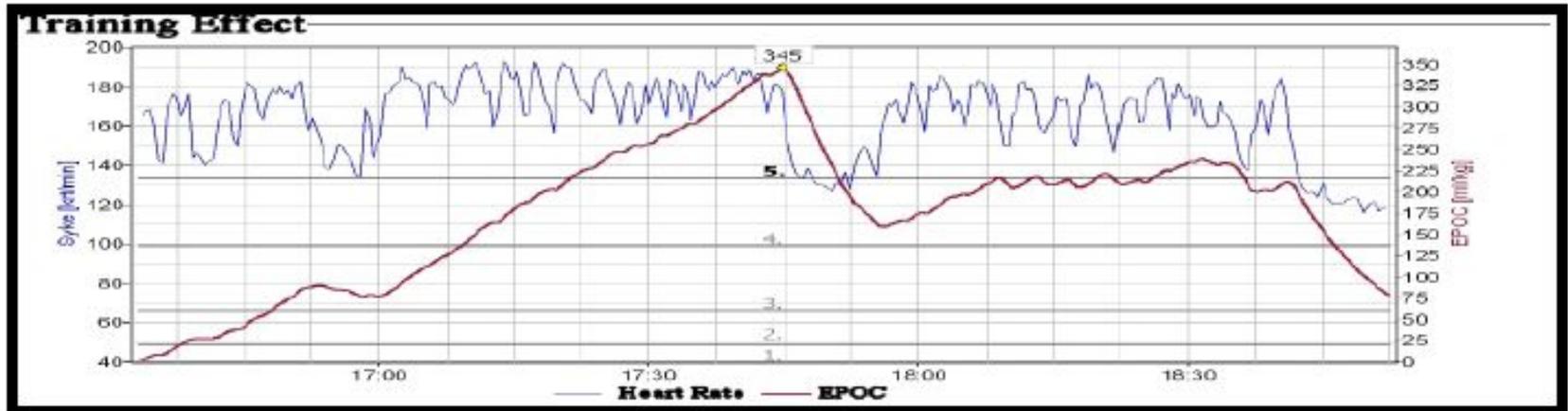
## Качество и уровень восстановления

- определяет уровень восстановления в сравнении с индивидуальными показателями
- индивидуальный индекс уровня восстановления тем достовернее, чем больше регулярных измерений сделано
- по динамике индекса уровня восстановления можно определить насколько тяжёлой была серия тренировок и было ли восстановление достаточным

## Футбольный матч, игрок 1: физическая нагрузка и восстановление



## Футбольный матч, игрок 2: физическая нагрузка и восстановление



# Рекомендации Фёстбит из мира профессионального спорта



Spanish football team



Australian football team



UK Rugby football union



McLaren F1 team



Chicago Bulls



Manchester City



Buffalo Sabres



Pittsburgh Penguins



New York Rangers



FC Barcelona



Sevilla FC



Liverpool FC



Juventus FC



Blackburn Rovers

# Показатели Firstbeat

1.  $VO_{2max}$  = максимальное поглощение кислорода-показатель уровня аэробной подготовленности и аэробной работоспособности. Изображает самый высокий уровень поглощения кислорода, которого может достичь человек.
2.  $\% \text{ от } VO_{2max}$  = еще один показатель интенсивности упражнений. Уровень потребления кислорода / расхода энергии в организме по сравнению с максимальным потреблением кислорода человеком.
3. *Аэробный тренировочный эффект* = влияние тренировочного занятия на развитие аэробной подготовленности, т. е.  $VO_{2max}$ .
4. *Анаэробный тренировочный эффект* = влияние тренировочного занятия на развитие анаэробной подготовленности, т. е. высокоинтенсивного спринта и работоспособности.
5. *Ресурсы организма* = способность справляться с требованиями, предъявляемыми к человеку. Баланс между реакциями стресса и восстановления используется для оценки того, были ли ресурсы организма накоплены или израсходованы в течение измеряемого периода. Поэтому стресс-реакции могут быть компенсированы хорошим восстановлением.
6. *ЕРОС* = избыточное потребление кислорода после тренировки. Показатель нарушения гомеостаза организма, отражающий повышенное потребление кислорода после тренировки за счет восстановления метаболических процессов организма.
7. *МЕТ* (метаболический эквивалент) = мера интенсивности физических нагрузок. Отношение скорости метаболизма (потребления энергии) при физической нагрузке к эталонной скорости метаболизма, установленной конвенцией, составляет 3,5 мл  $O_2$ /кг / мин. Физическая активность на уровне 3 мет требует в три раза больше энергии, чем средний человек потребляет в состоянии покоя (например, сидя спокойно).

## Показатели Firstbeat

6. *Утомление* = обратимое, кратковременное состояние снижения работоспособности вследствие высокой тренировочной нагрузки, стресса и / или недостаточного восстановления.
7. *Перетренированность* = тяжелое длительное состояние снижения работоспособности из-за высокой тренировочной нагрузки, стресса и/или недостаточного восстановления, на восстановление которого могут уйти месяцы или годы.
8. *Дефицит кислорода* = временная нехватка кислорода в работающих мышцах, возникающая в результате высокоинтенсивной деятельности, приводящей к более высокой зависимости от производства анаэробной энергии и вызывающей более высокий уровень ЕРОС
9. *Физическая активность* = любое движение тела, производимое скелетными мышцами, которое увеличивает расход энергии.
10. *Физическая активность* = повышенный уровень активации организма из-за метаболических требований задачи, вызывающих значительное увеличение потребления кислорода и энергии
11. *Индекс физической активности* = показатель Firstbeat, отражающий приобретенные последствия для здоровья ежедневных физических нагрузок (0-100).

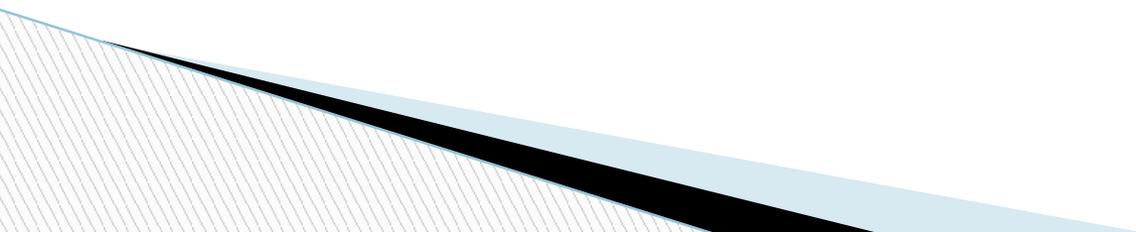
## Показатели Firstbeat

12. *Рекомендации по физической активности* = используемые на международном уровне научно обоснованные рекомендации, определяющие количество и интенсивность физической активности для различных групп населения (дети, взрослые, пожилые люди) с целью получения преимуществ для здоровья.
13. *Оценка физической активности* = показатель Firstbeat, отражающий влияние ежедневных физических нагрузок на здоровье и физическую форму (0 - ~2000).
14. *Отсутствие физической активности* = отсутствие адекватной физической активности. Определен в качестве четвертого ведущего фактора риска глобальной смертности, вызывающего, по оценкам, 3,2 миллиона случаев смерти в мире ежегодно.
15. *Физиологические эффекты тренировки* = функциональные и структурные изменения, происходящие в организме в результате тренировки. Физиологические эффекты возникают в тех областях, которые подверглись стрессу, например, максимальное поглощение кислорода, молочнокислая система, жировой обмен или нервная активация различных типов мышечных волокон.
16. *Тренировочная нагрузка* = общая нагрузка или нагрузка на организм, обусловленная частотой и длительностью (объемом), а также интенсивностью всех тренировок.
17. *Тренировочная нагрузка* = общая нагрузка на тело, возникающая из интенсивности, продолжительности и частоты всех тренировок. Например, выполнение тренировочных занятий с высоким тренировочным эффектом часто приводит к высокой тренировочной нагрузке.

# Показатели Firstbeat

- ▣ *Восстановление* = период восстановления физической работоспособности. Физиологически снижается уровень активации организма, когда парасимпатическая (вагусная) активация доминирует в вегетативной нервной системе над симпатической активностью.
- ▣ *Восстановление* = пониженный уровень активации организма, когда парасимпатическая (вагусная) активация доминирует над симпатической активностью
- ▣ *Стресс* = повышенный уровень активации организма, когда симпатическая активность доминирует над АНС и парасимпатическая (вагусная) активация низка

## 7. Оценка и коррекция функционального состояния



Благодарю за внимание!

Преподаватель: к.б.н., доцент  
Ольга Ивановна Коломиец  
Профессор кафедры СМиФР  
[Kolomiec\\_o@mail.ru](mailto:Kolomiec_o@mail.ru)