

# Affective Computing

Olga Perepelkina  
HSE, 2022

# План лекции

- Эмоции и физиологические сигналы – ресар
- *Тема 7: Эмоции и невербальная коммуникация*
- Презентации по теме «Эмоции и невербальная коммуникация»
- Практическое задание «Невербальная коммуникация»
- Защита тем групповых проектов

# Для практики

Компьютер с Windows

[bit.ly/3gG1NrP](https://bit.ly/3gG1NrP)

Распаковать и запустить

`models/getModels.bat`

# ДЗ по метрикам

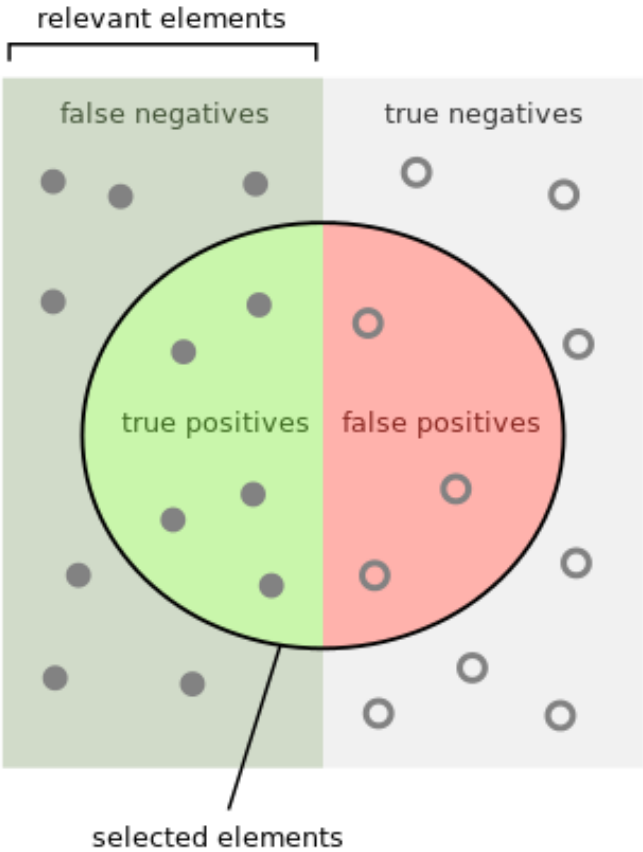
Арифметические операции ☹️

Внимательно смотреть на формулы

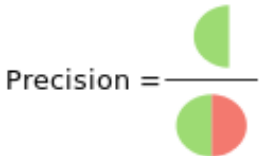
Цифры – это важно

ID	МОДЕЛЬ	НА САМОМ ДЕЛЕ
01	1	1
02	1	0
03	0	0
04	0	0
05	1	1
06	1	1
07	0	1
08	1	1
09	1	0
10	1	1

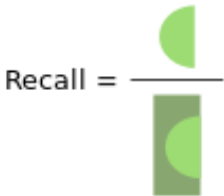
1: БОЛЕН (positive)  
0: ЗДОРОВ (negative)



How many selected items are relevant?



How many relevant items are selected?



	Actual Cancer = Yes	Actual Cancer = No
Predicted Cancer = Yes	True Positive (TP)	False Positive (FP)
Predicted Cancer = No	False Negative (FN)	True Negative (TN)

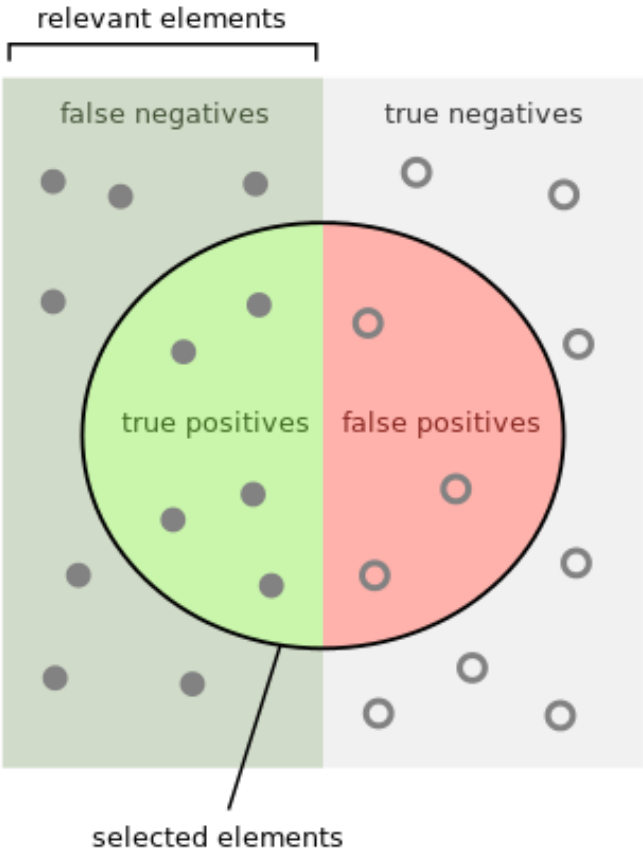
$$\text{Accuracy} = \frac{tp + tn}{tp + tn + fp + fn}$$

$$\text{Precision} = \frac{tp}{tp + fp}$$

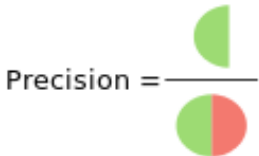
$$\text{Recall} = \frac{tp}{tp + fn}$$

ID	МОДЕЛЬ	НА САМОМ ДЕЛЕ
01	1	1
02	1	0
03	0	0
04	0	0
05	1	1
06	1	1
07	0	1
08	1	1
09	1	0
10	1	1

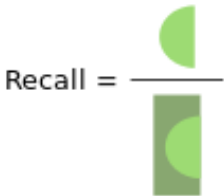
1: БОЛЕН (positive)  
0: ЗДОРОВ (negative)



How many selected items are relevant?



How many relevant items are selected?



$$F_1 = \frac{2}{\frac{1}{\text{recall}} \times \frac{1}{\text{precision}}} = 2 \times \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$$

$$= \frac{tp}{tp + \frac{1}{2}(fp + fn)}$$

$$\text{Accuracy} = \frac{tp + tn}{tp + tn + fp + fn}$$

$$\text{Precision} = \frac{tp}{tp + fp}$$

$$\text{Recall} = \frac{tp}{tp + fn}$$

# Эмоции и физиологические сигналы

# Computational models

- HumMod [hummod.org](http://hummod.org): “The most complete, mathematical model of human physiology ever created” – компьютерная программа
- Симулирует взаимодействие более **10000** физиологических переменных, включая параметры сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной, эндокринной, скелетно-мышечной и метаболической систем
- Модель, включая переменные, параметры, количественные взаимосвязи, описаны в XML формате
- Модель получена из эмпирических данных, описанных в рецензируемых журналах
- HumMod – среда для моделирования физиологических экспериментов и проверки гипотез



# HumMod & Emotions – computational models

- Christopher L. Dancy, 2019: моделирование поведения через физиологию, «первичный» аффект и когнитивные процессы
- Цель – вычислительная модель, которая позволит механистически симулировать взаимодействие аффекта и когниций и давать конкретные, количественные предсказания поведения
- Dancy C. L. A hybrid cognitive architecture with primal affect and physiology //IEEE Transactions on Affective Computing. – 2019. – Т. 12. – №. 2. – С. 318-328.

# HumMod & Emotions – computational models

- **Affect:** низко уровневый «объективный» процесс, может быть выведен из физиологических и поведенческих параметров
- Аффект взаимодействует с **когнитивными процессами** (например, памятью)
- **Эмоции:** на пересечении аффекта и когнитивных процессов (субъективные отчеты отделены от аффекта)
- Предполагается **нелинейная** связь между физиологическими, аффективными и когнитивными процессами

# HumMod & Emotions – computational models

Affect = sympathetic arousal

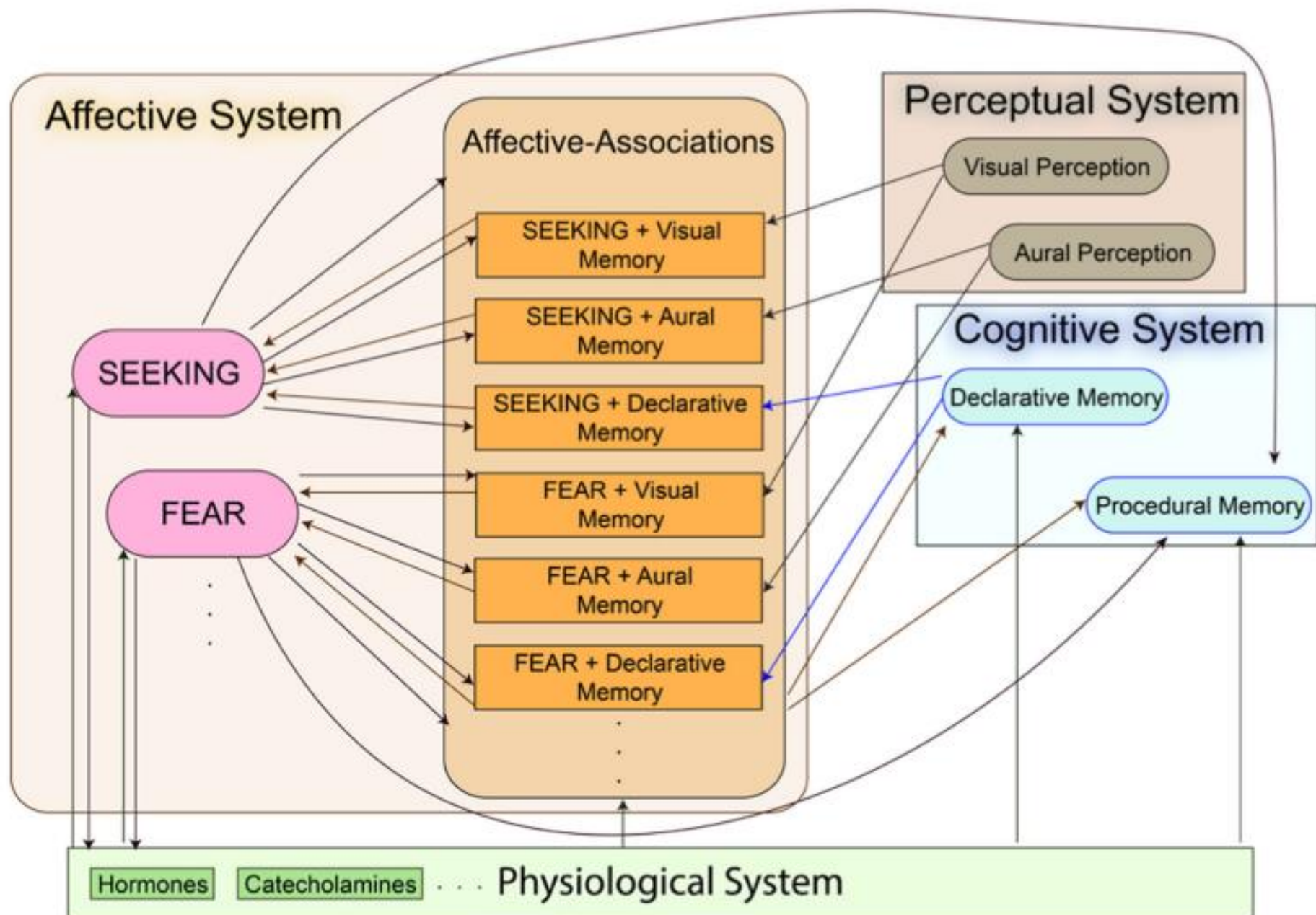
$$arousal = f(cort) * [\alpha * g(CRH) + \beta * h(epi)]$$

↑  
кортизол

↑  
кортикотропин-  
рилизинг-  
гормон (CRH)

↑  
адреналин

- **SEEK & FEAR** – модель мотивации
- SEEK – на основе жажды и голода («притягивающее» поведение)
- FEAR – избегающие, «отталкивающее» поведение

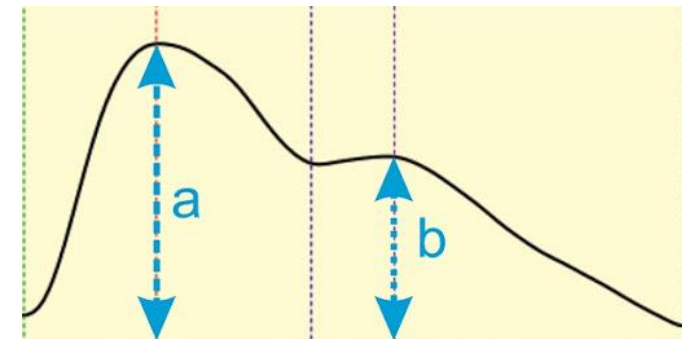
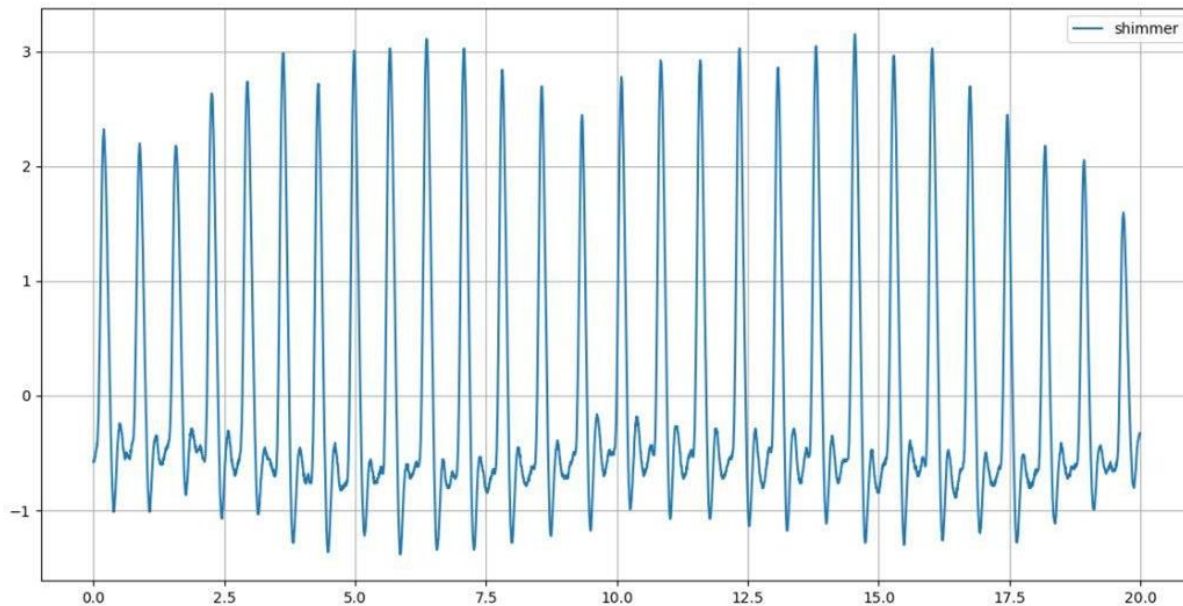
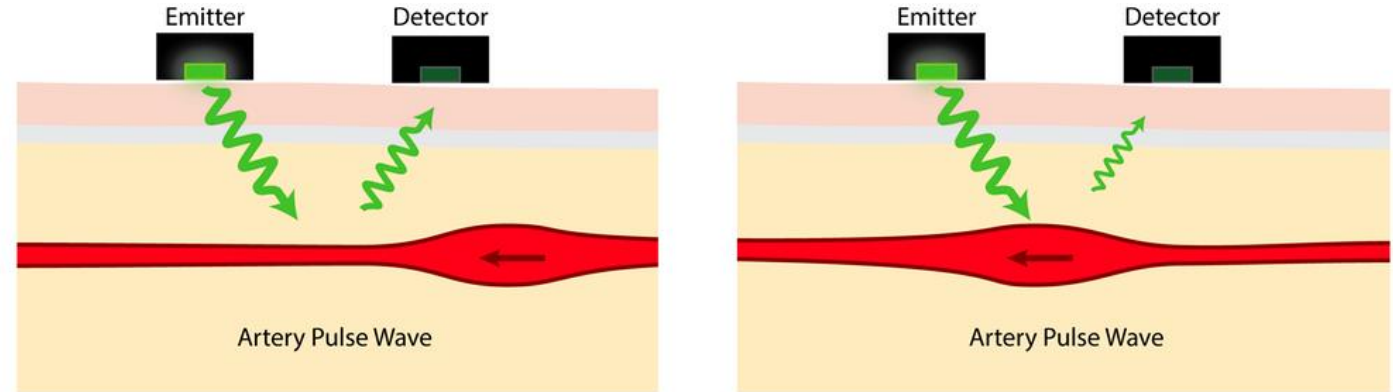
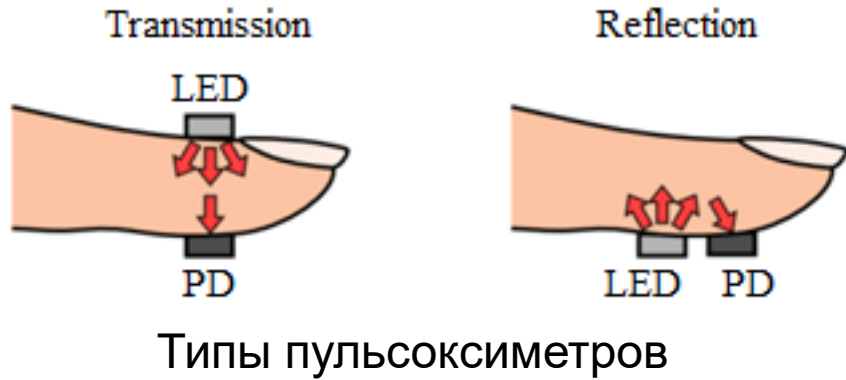


How to scale the experiments &  
get more data?

How to scale the experiments &  
get more data?

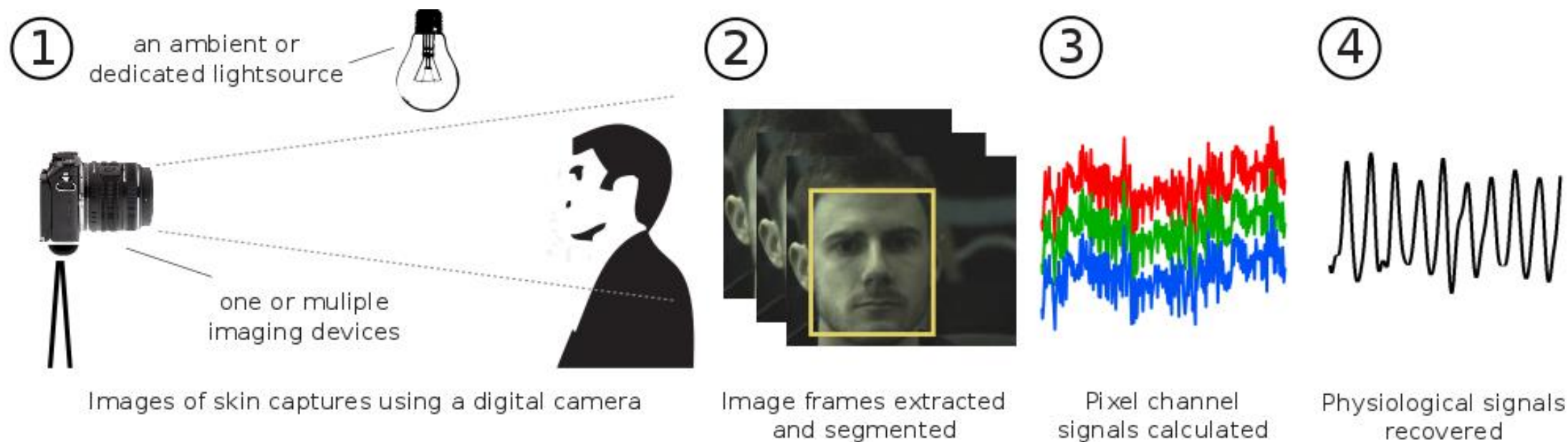
Remote physiology tracking

# Фотоплетизмография (ФПГ)



- a** - амплитуда систолической пульсовой волны (анакротический период)
- b** - амплитуда отраженной волны, начало диастолы (дикротический период)

# Бесконтактная ФПГ (remote PPG)





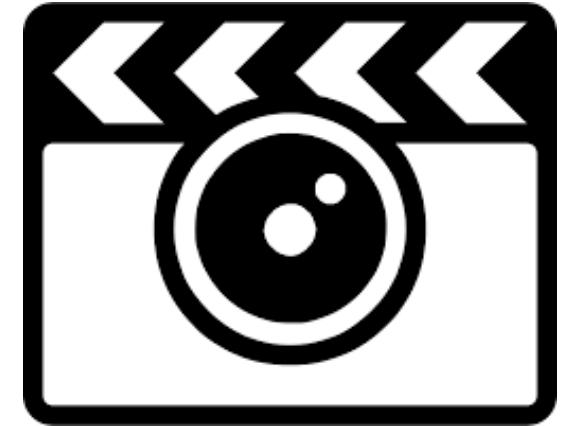
# Remote PPG challenges

- Motion artifacts



- Changing lighting parameters

- Low quality of video



# Remote PPG

- Датасеты: синхронно записанные видео и контактная PPG
  - MoLi-1: 8 часов видео, 20 испытуемых (с разным освещением, с движениями и без, после упражнений)
  - MoLi-2: 3.5 часа видео, 15 испытуемых (с разным освещением, с речью и без, после упражнений)
  - UBFC-RPPG: 1.5 часа, 42 испытуемых, играли в математическую игру

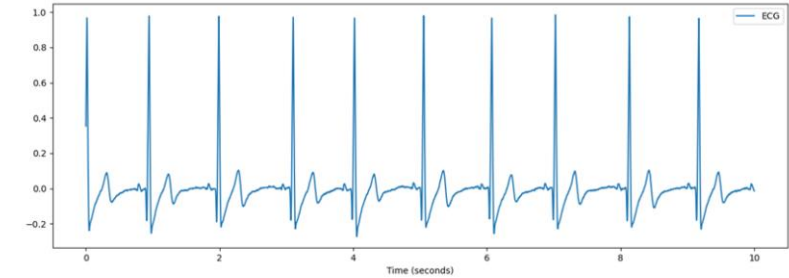


Wearable	MAE (cPPG)	MAE (rPPG)
Honor Band 4	8.69	<b>0.97</b>
Amazfit Bip	<b>3.51</b>	3.92
Xiaomi Mi Band 3	5.07	<b>3.71</b>
Apple Watch 2	3.81	<b>2.61</b>
Garmin	<b>2.03</b>	2.46
Samsung Gear S3	<b>2.03</b>	3.28
Mean $\pm$ SD	3.6 $\pm$ 4.9	<b>2.4 <math>\pm</math> 4.5</b>

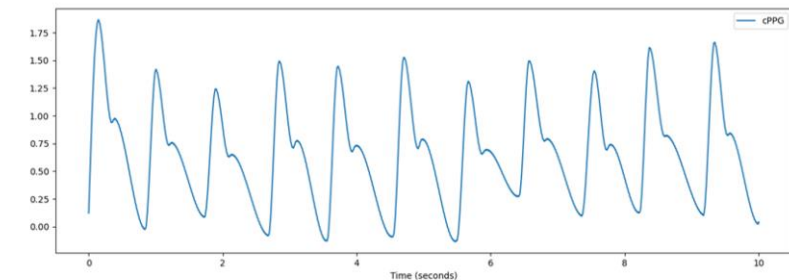
cPPG - heart rate detected by wearables  
rPPG - heart rate detected from video

# Вариабельность сердечного ритма (BCP) и remote PPG

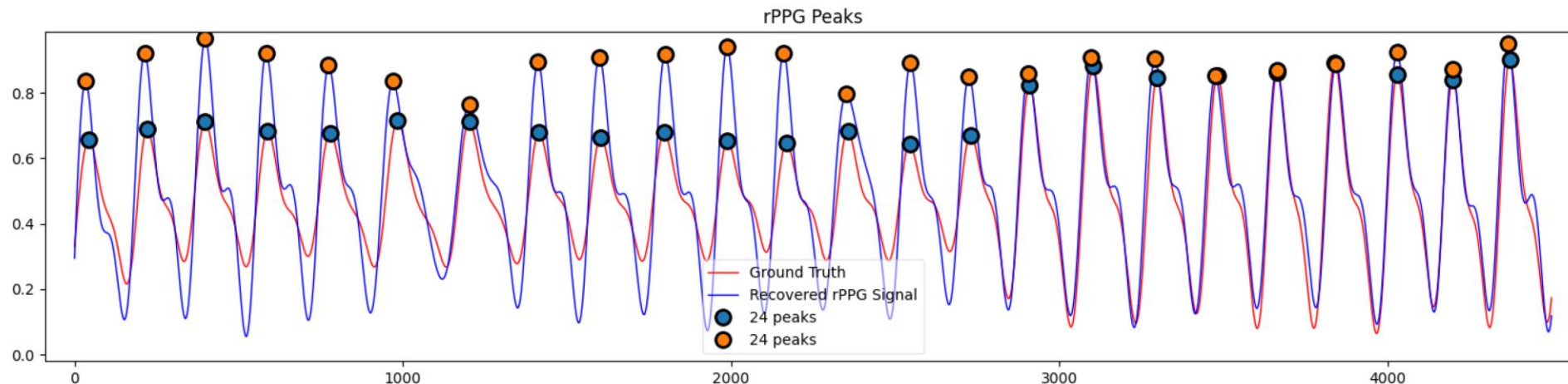
- Гораздо сложнее задача, чем просто средний пульс за интервал времени. Применяются термин Pulse Rate Variability (PRV)
- <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/3/1010/html>



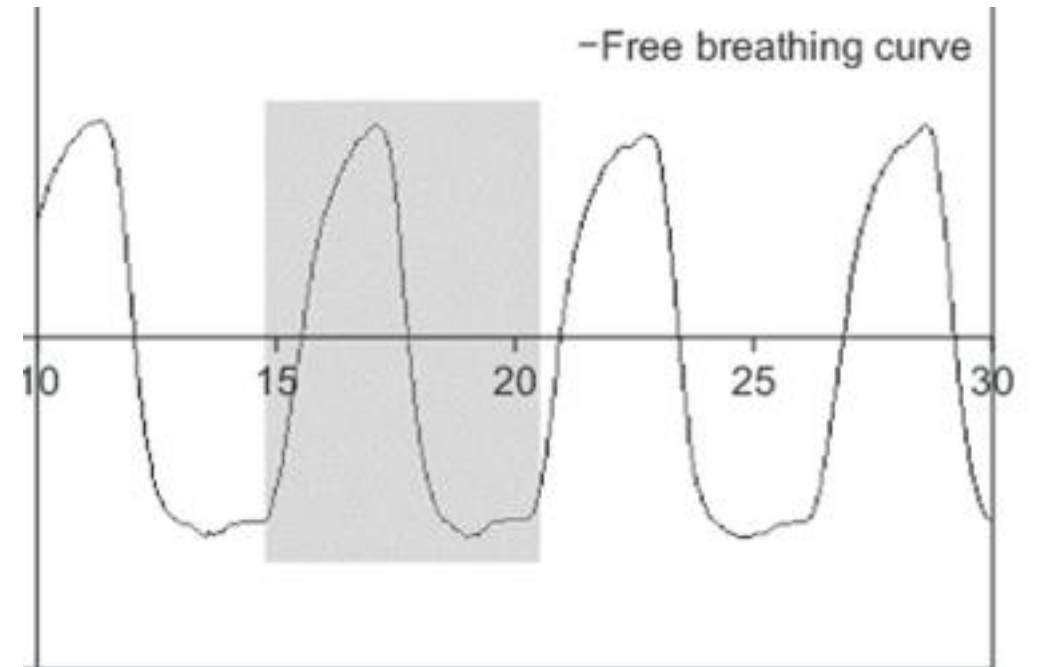
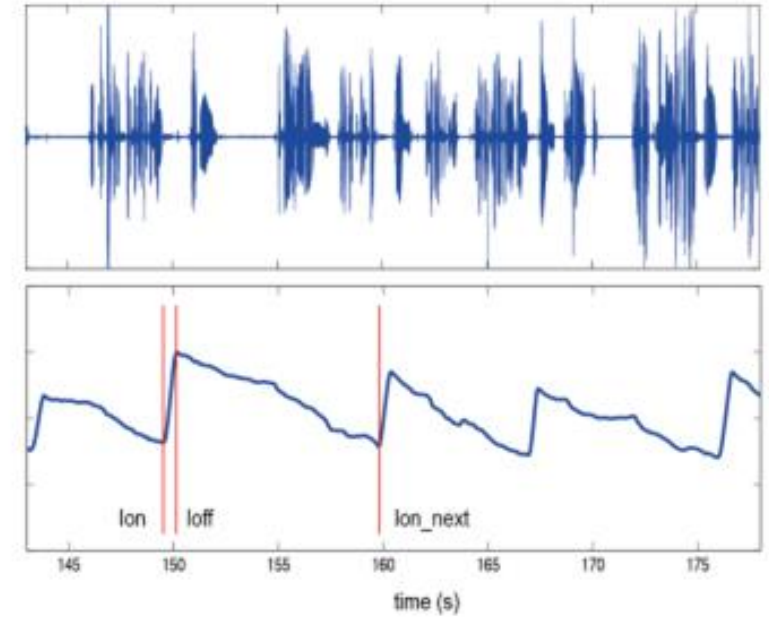
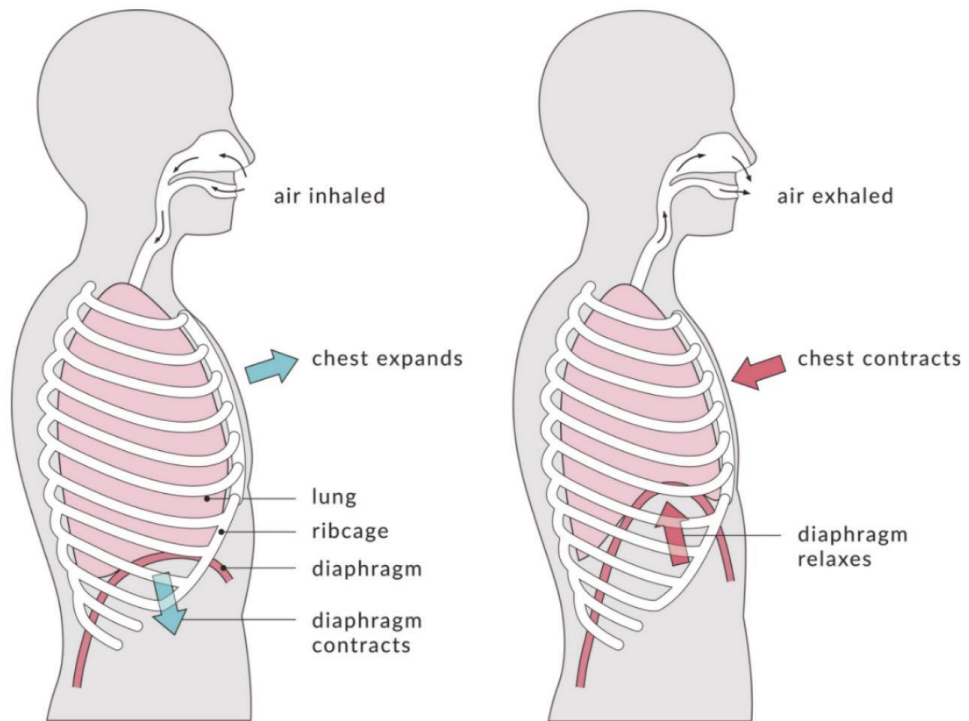
(a) The ECG waveform



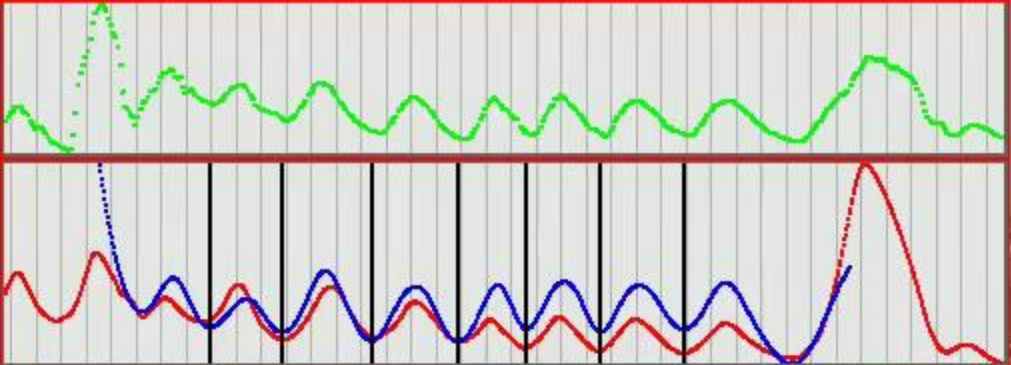
(b) The cPPG signal waveform



# Дыхание







red: wearable breath signal (ECG)

green: video breath signal (now)

blue: video breath signal (final)

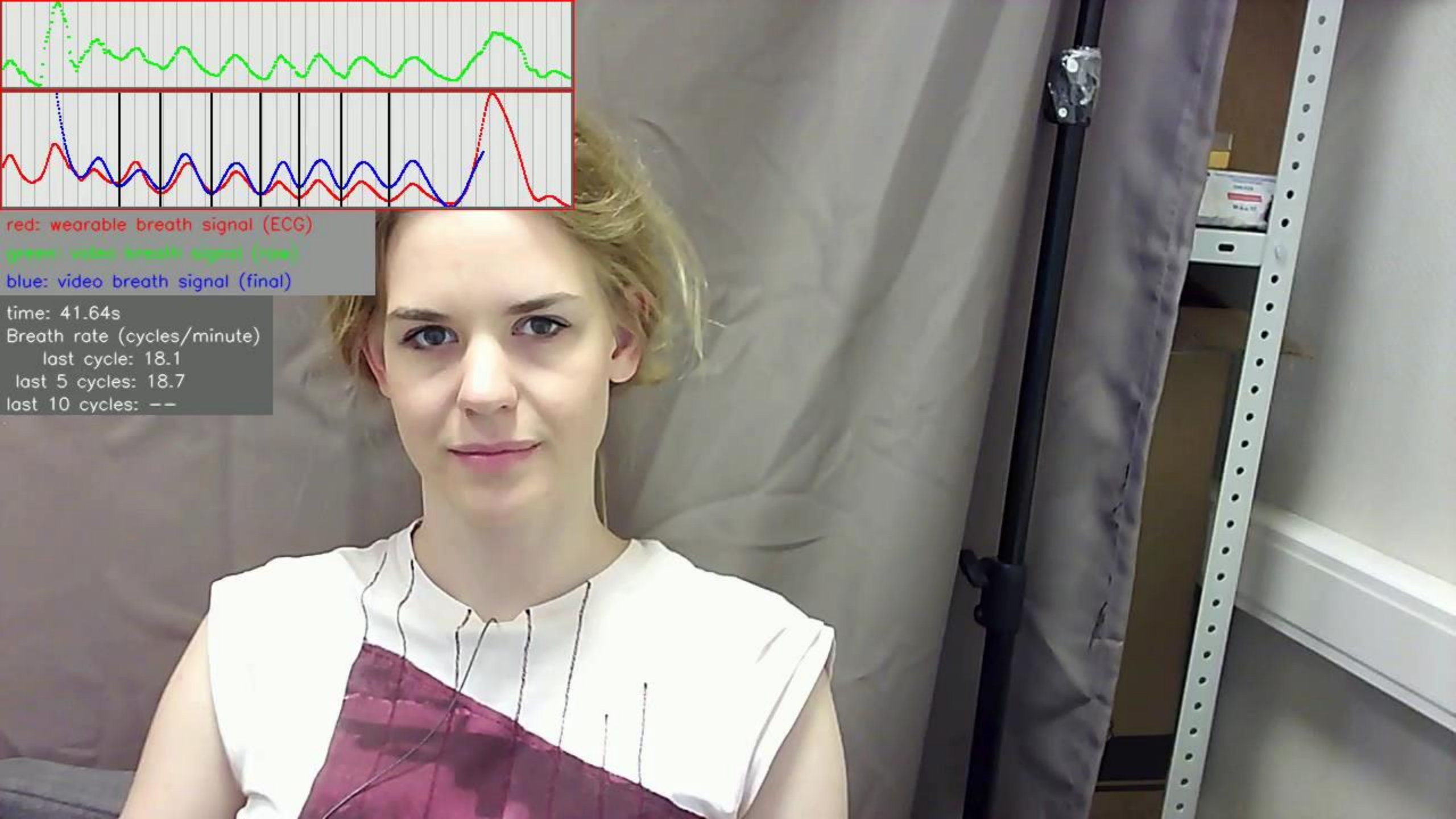
time: 41.64s

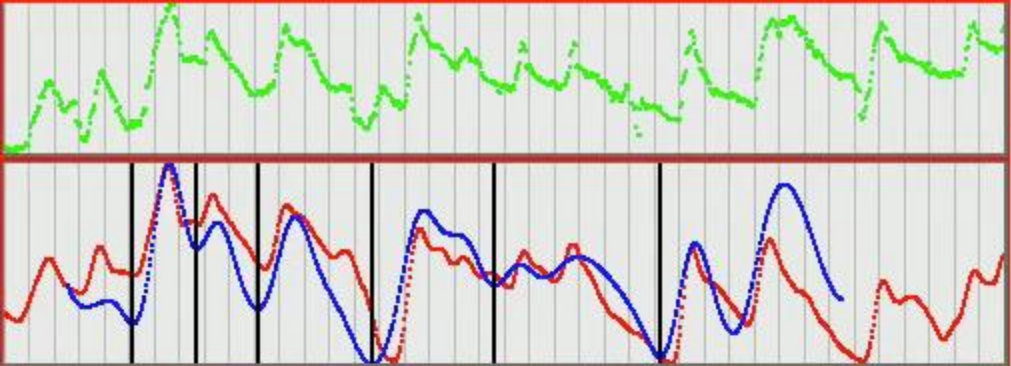
Breath rate (cycles/minute)

last cycle: 18.1

last 5 cycles: 18.7

last 10 cycles: --





red: wearable breath signal (ECG)

green: video breath signal (raw)

blue: video breath signal (final)

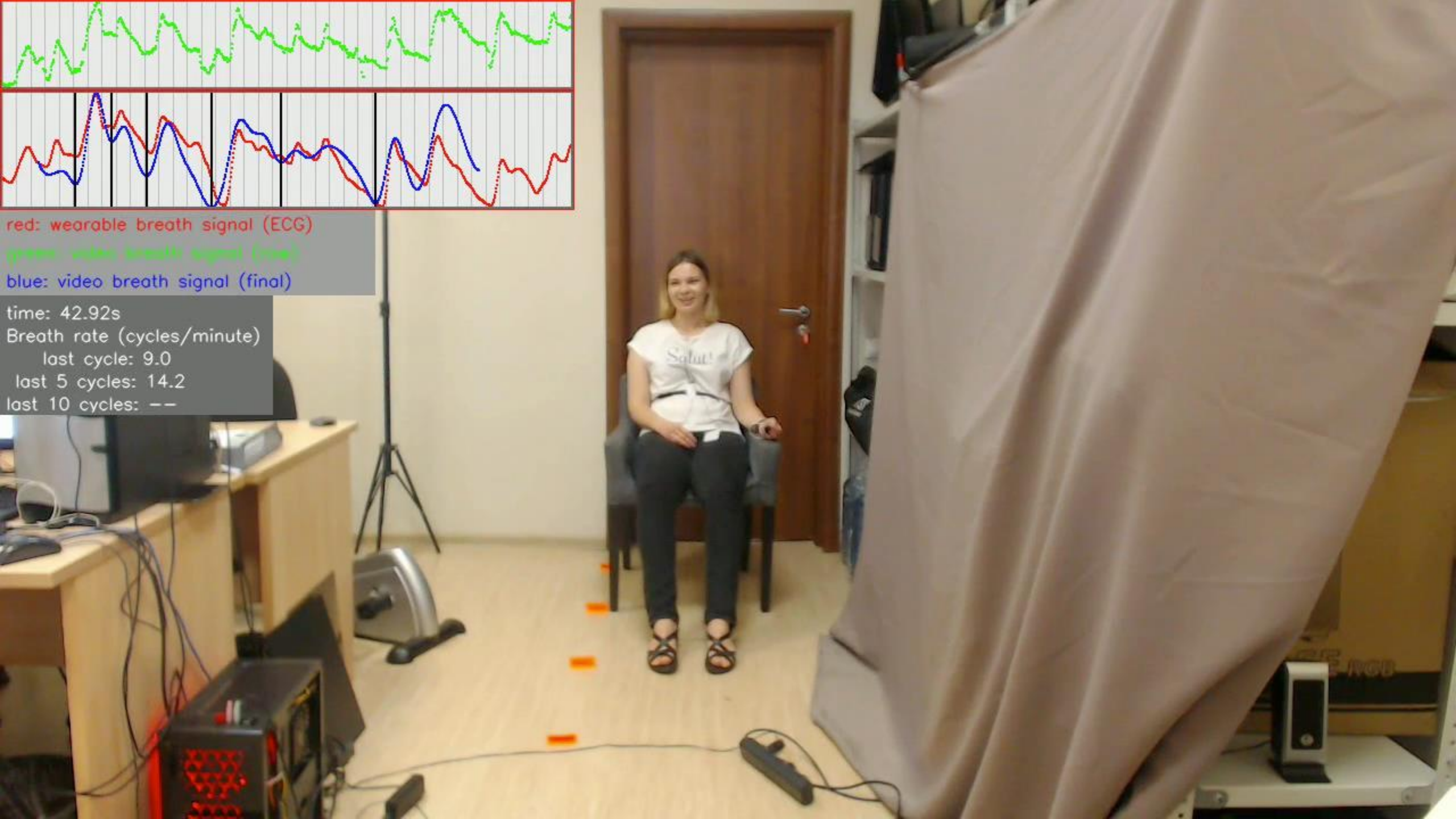
time: 42.92s

Breath rate (cycles/minute)

last cycle: 9.0

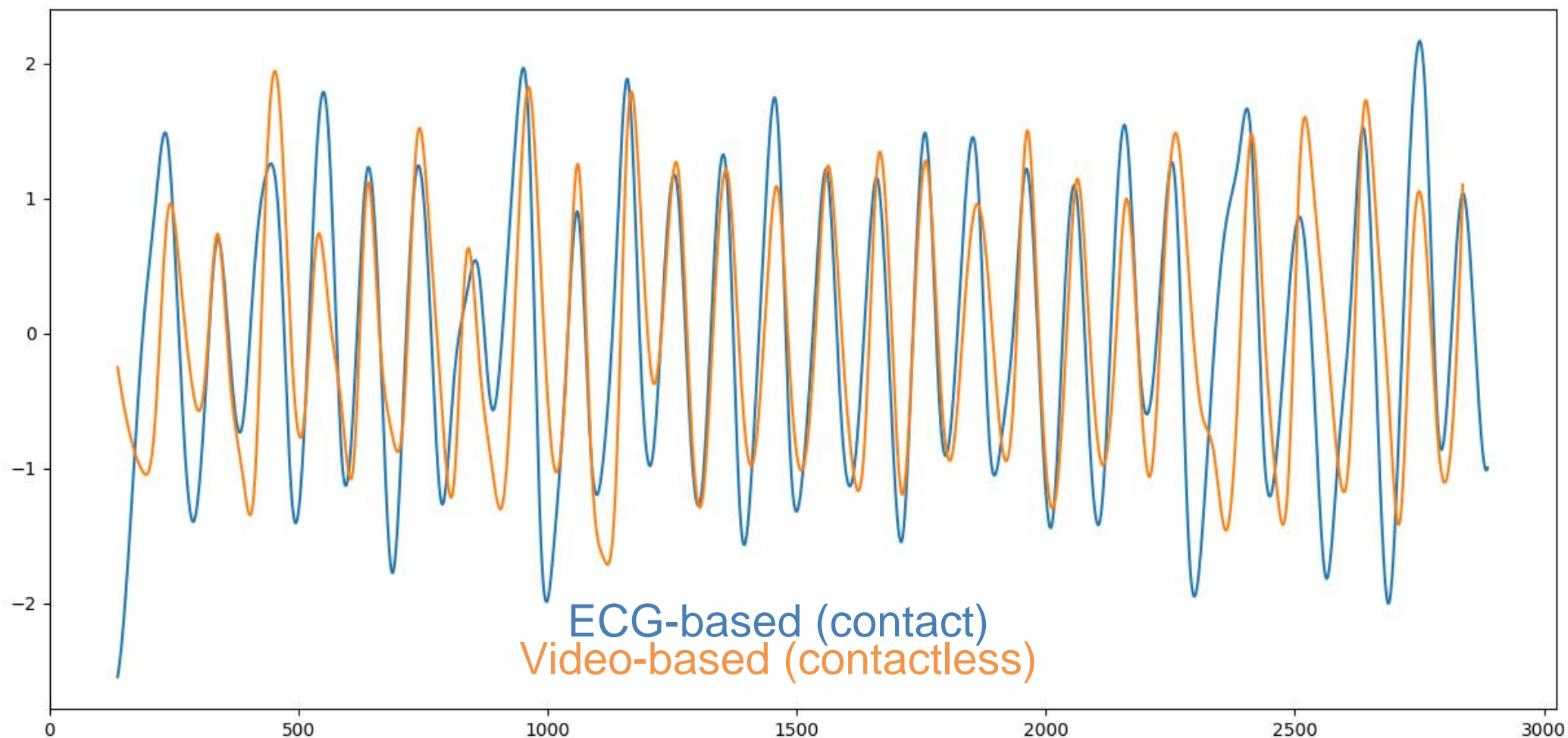
last 5 cycles: 14.2

last 10 cycles: --





# Breathing Rate



MAE: 0.7



# Эмоции и невербальная коммуникация

# Эмоции и тело

- Как тело влияет на наше эмоциональное состояние
- Как мы выражаем эмоции при помощи тела (bodily communication of emotions)
- Как мы распознаем эмоции по телу
- Как можно моделировать эмоции в искусственной среде (роботы, виртуальные агенты)

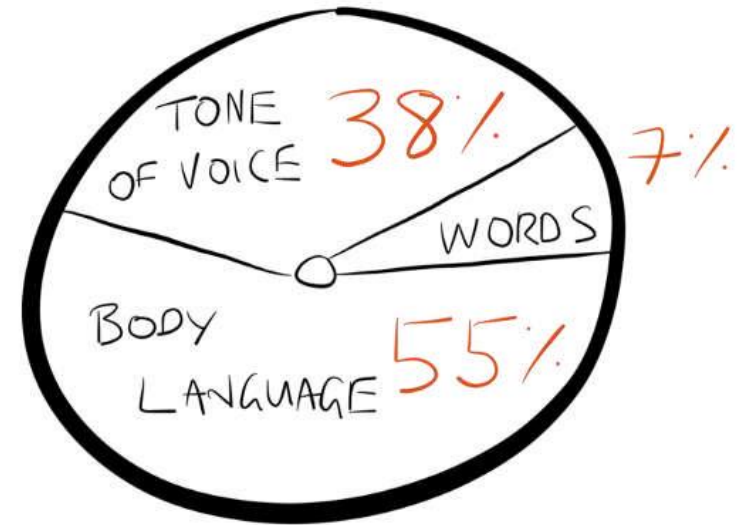
# Невербальная коммуникация

“Only 7% of information is transferred in words, the remaining 93% are about nonverbal communication”

CEO Afectiva, 2018

# Невербальная коммуникация

- «Правило Мехрабиана» (Mehrabian's rule) личностной коммуникации: в процессе передачи информации людьми **слова** содержат только 7%, **тон голоса** — 38%, а **язык тела** — 55%



- [Mehrabian & Wiener, 1967; Mehrabian & Ferris, 1967]

# Эксперимент Мехрабиана (1)

- **Прочитать слова** из предложенного списка и отнести их с одной из трех категорий - положительной, отрицательной или нейтральной - при этом представив, что каждое из этих слов может быть сказано человеком X человеку Y.
- **Послушать те же слова** и определить отношение человека X к человеку Y: положительное, отрицательное или нейтральное.
- Mehrabian, A., & Wiener, M., 1967

# Эксперимент Мехрабиана (1)

- Результаты: отношение (выбор из категорий - положительной, отрицательной или нейтральной) зависело в большей степени от тона голоса.
- Например, если между тоном голоса и словом были противоречия, при этом тон голоса был негативный, все сообщение воспринималось как негативное.
- Mehrabian, A., & Wiener, M., 1967

# Эксперимент Мехрабиана (2)

- Задача следующего эксперимента состояла в том, чтобы оценить **вес каждого из каналов** – значение слов (вербальный), голос (невербальный) и лицо (невербальный) – в процессе коммуникации
- **Слова были нейтральными, а голос и лица – эмоциональными**
- Нужно было оценить отношение к другому человеку – положительное, отрицательное или нейтральное
- Mehrabian & Ferris, 1967

# Эксперимент Мехрабиана (2)

- Результаты: испытуемые **обращали внимание на лица в полтора раза чаще, чем на тон голоса.**
- Был сделан вывод, что люди передают 55% информации через тело, 38% через голос и 7% через слова.
- И подчеркнул, что нужно продолжать исследования, чтобы обобщить полученные выводы.
- Mehrabian & Ferris, 1967



# Эксперимент Мехрабиана (2)

- Испытуемые: 25 человек участвовали в отборе нейтральных слов, 17 человек оценивали эффект лицевой и вокальной экспрессий, 20 человек участвовали в итоговом эксперименте (смесь каналов)
- Все **62 человека были студентками-психологами** Калифорнийского университета...
- Mehrabian & Ferris, 1967

# Эксперимент Мехрабиана (2)

- Стимулы: 15 слов, фотографии 3 девушек (изображающих нейтральное, негативное и позитивное выражения лиц) и голоса 3 девушек.
- В эксперименте «body language» == лицевые экспрессии, а обобщили на позы и т.д.
- Mehrabian & Ferris, 1967

# Правило Мехрабиана

- *«Обратите внимание, что это и другие уравнения, касающиеся относительной важности вербальных и невербальных сообщений, были получены в результате экспериментов, посвященных передаче чувств и отношений (то есть, нравится-не нравится). Эти уравнения неприменимы, если коммуникатор не говорит о своих чувствах или отношениях»*

# Невербальная коммуникация

~~“Only 7% of information is transferred in words, the remaining 93% are about nonverbal communication”~~

~~CEO Afectiva, 2018~~

- Тезис о том, что тело участвует в передаче эмоциональной информации, появился еще с работ Дарвина (1872) и Джеймса (1932)
- Затем акцент в изучении эмоций был смещен на выражение лиц
- Только в последние десятилетия стали появляться исследования тела в связи с эмоциями

Witkower, Z., & Tracy, J. L. (2018). Bodily Communication of Emotion: Evidence for Extrafacial Behavioral Expressions and Available Coding Systems. *Emotion Review*, 1754073917749880.

# Доклады

1. Embodying Emotion (Кирилл Степановских)
2. Emotion Expression & Recognition Based on Body Movement (Варвара Михалищина, Варвара Сякки)
3. Emotion Modelling for Social Robots (Елена Уколова)

Практика  
[bit.ly/3VhzoC3](https://bit.ly/3VhzoC3)

# Защита тем групповых проектов



# Правила

- 10-12 минут на группу
- Презентация
  - ✓ Тема
  - ✓ Проблема, методы
  - ✓ Распределение задач
  - ✓ Литература
- Оценивание:
  - ✓ Четкость постановки проблемы
  - ✓ Адекватность выбранных методов
  - ✓ Логика распределения задач
  - ✓ Степень проработки проблемы (литература, инструменты)

# Bodily expressions of emotions

- Телесные выражения крупнее лицевых, что позволяет выражать **эмоции на дальние дистанции** [de Gelder, 2009; de Gelder, 2016; Martinez, Falvello, Aviezer, & Todorov, 2015]
- Могут быть различимы со спины выражающего, включая моменты, когда лицо **полностью скрыто** от обзора [Coulson, 2004; Sogon & Masutani, 1989]
- Как и в случае с лицевой экспрессией, эмоции по телу распознаются с вероятностью, **выше случайной** [Atkinson et al., 2004; de Gelder & van den Stock, 2011; Tracy & Robins, 2007]

# Bodily expressions of emotions

- Позы тела и жесты рук обладают значительно большей **степенью свободы** по сравнению с жестами лица. Позы тела имеют неограниченный **словарный запас**, который включает в себя различные комбинации движений частей тела [Gunes, H. et al., 2015].
- Движения тела меньше подвержены **сознательному контролю** и социальной «редакции» по сравнению с лицом [Karg, M., et al., 2013].
- В случае с **сильными эмоциями** распознавание эмоций по телу надежнее, чем по лицу [Aviezer, H., Trope, Y. and Todorov, A. 2012].

# Типы движений

- **Коммуникативные движения** – широкий спектр движений, которые используем в повседневной жизни, и с помощью которых можем выражать эмоциональные состояния. Движение выбирается из «библиотеки» экспрессивных жестов и сопровождается уровнем модуляции.
- **Функциональные движения** – напрямую не связаны с выражением эмоций, служат выполнению задачи. Эмоции здесь могут проявляться только через модуляцию функциональных движений. Экспрессивность вторична.
- **Художественные движения** – танцевальные движения, которые выражают преувеличенную экспрессию эмоций и состоят из движений, которые могут не встречаться в повседневной жизни. Художественные движения различаются по типу экспрессии и уровню модуляции. Для хореографии – эмоции выражаются за счет модуляции, т.к. тип движения определяется самой хореографией.
- **Отсутствие движения** – эмоциональные состояния могут быть также переданы при помощи снижения количества движений (например, «застыть от ужаса»)

[Karg, M., et al., 2013]

# Emotion recognition through movements

- Хотя в различных исследованиях были найдены взаимосвязи между телесными выражениями и эмоциями, эти телесные выражения пересекаются для разных эмоций.
- Many-to-many-mappings
- Существуют сложности и ограничения в **измерении** движений.

# Влияние тела на эмоции: “Facial Feedback” гипотеза

- **Дарвин:** выражение эмоции усиливает ее; подавление эмоции – ослабляет.
- **Джеймс:** не выражай страсть, и она умрет. Паника усиливается бегством. Досчитай до 10 и причина гнева покажется смешной.
- **Теория Джеймса-Ланге:** стимул -> физиологическая реакция -> эмоциональное переживание



**Strack, Martin & Stepper, 1988**

### High-Power Poses



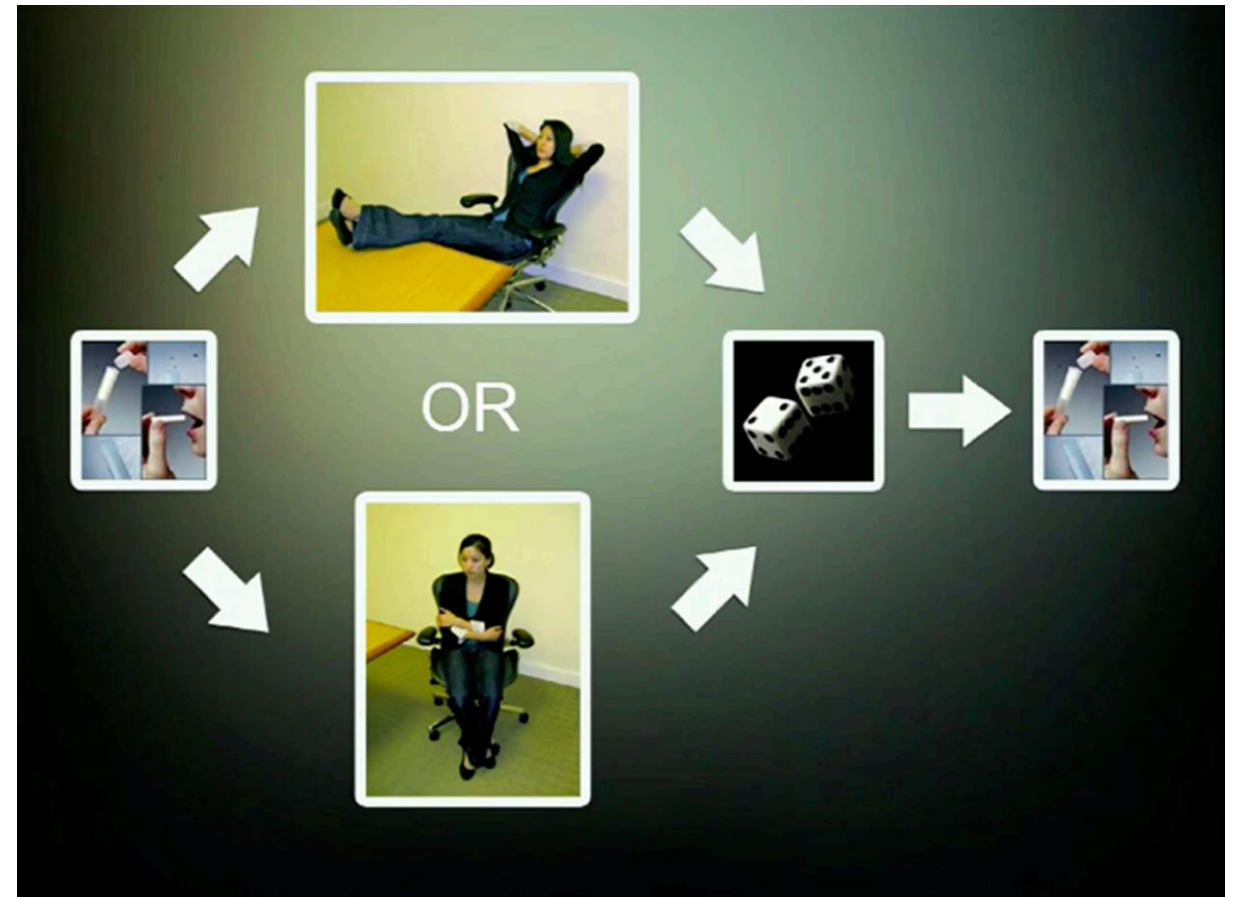
### Low-Power Poses



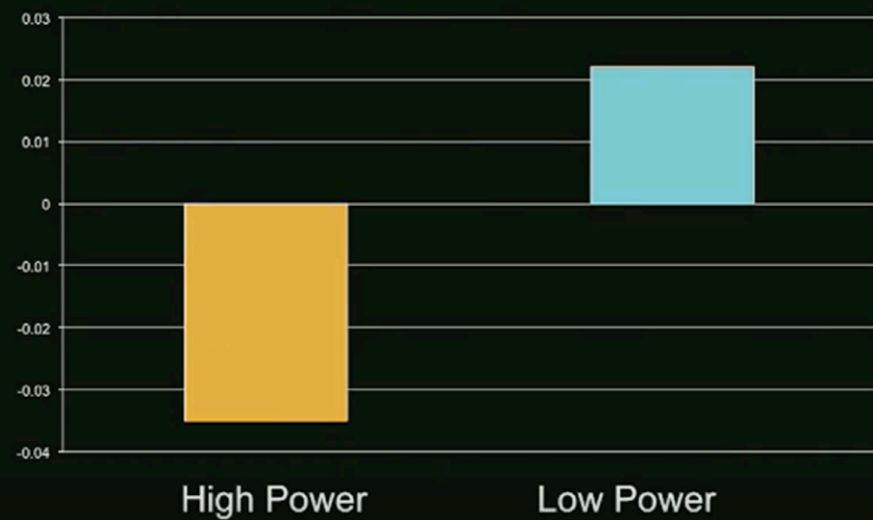
D. R. Carney , A. J.C. Cuddy , A. J. Yap, 2010



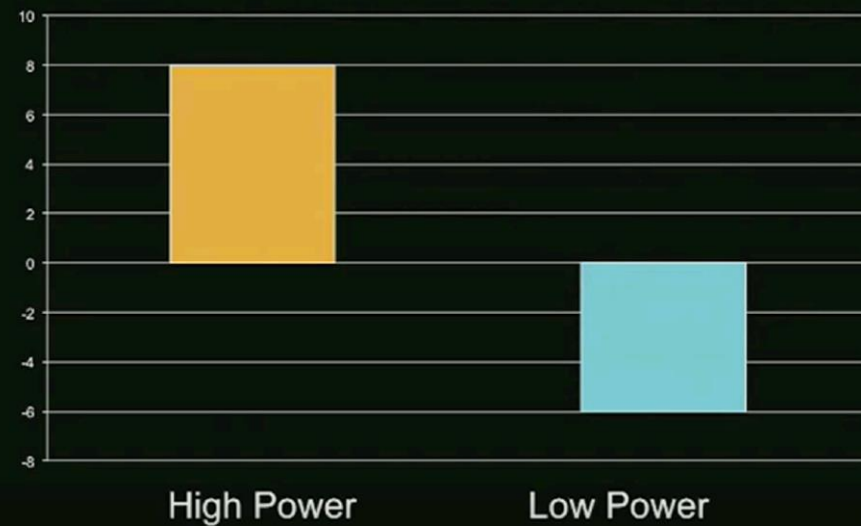
- 42 испытуемых (26 ж, 16 м) случайно распределены по группам (High-Power, Low-Power).
- Думали, что исследование о записи сигналов ЭКГ в зависимости от их расположения.
- Экспериментатор ставил испытуемых в нужные позы. Каждый испытуемый стоял в двух позах по 1 минуте.
- Склонность к риску: азартная игра, чувство власти – самоотчет.
- Брали образцы слюны (тест на кортизол и тестостерон) до и через 17 минут после поз.



## Cortisol Change (pg/ml)



## Testosterone Change (pg/ml)





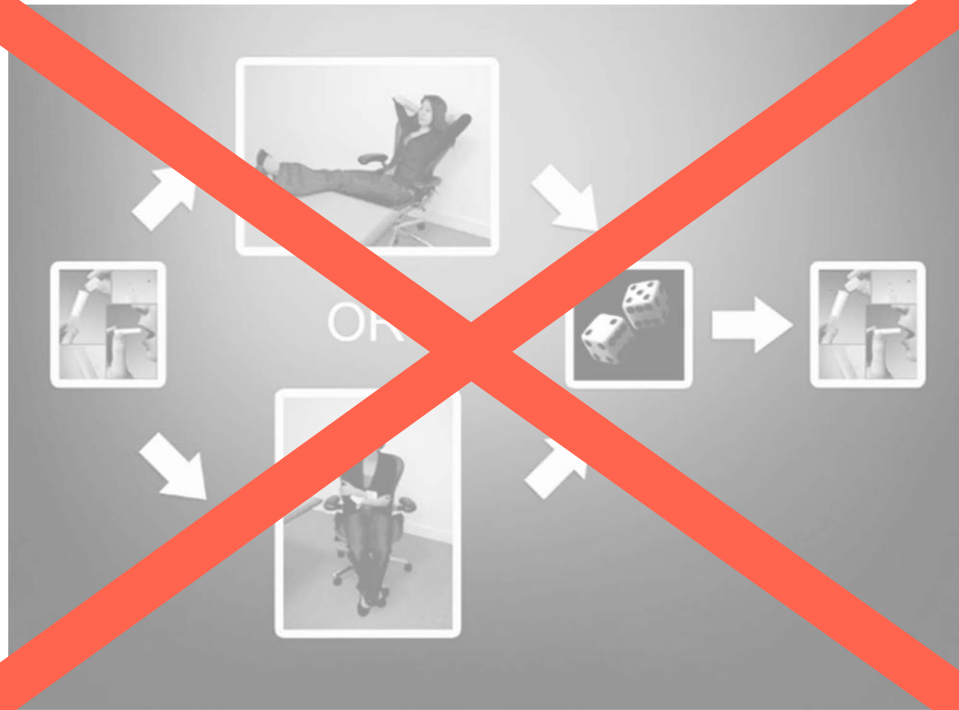
# Оригинальное исследование не было реплицировано!



Registered Replication Report: Strack, Martin, & Stepper (1988) E.-J. Wagenmakers\*, T. Beek\*, L. Dijkhoff\* L. Dijkhoff, **2016**

# Оригинальное исследование не было реплицировано!

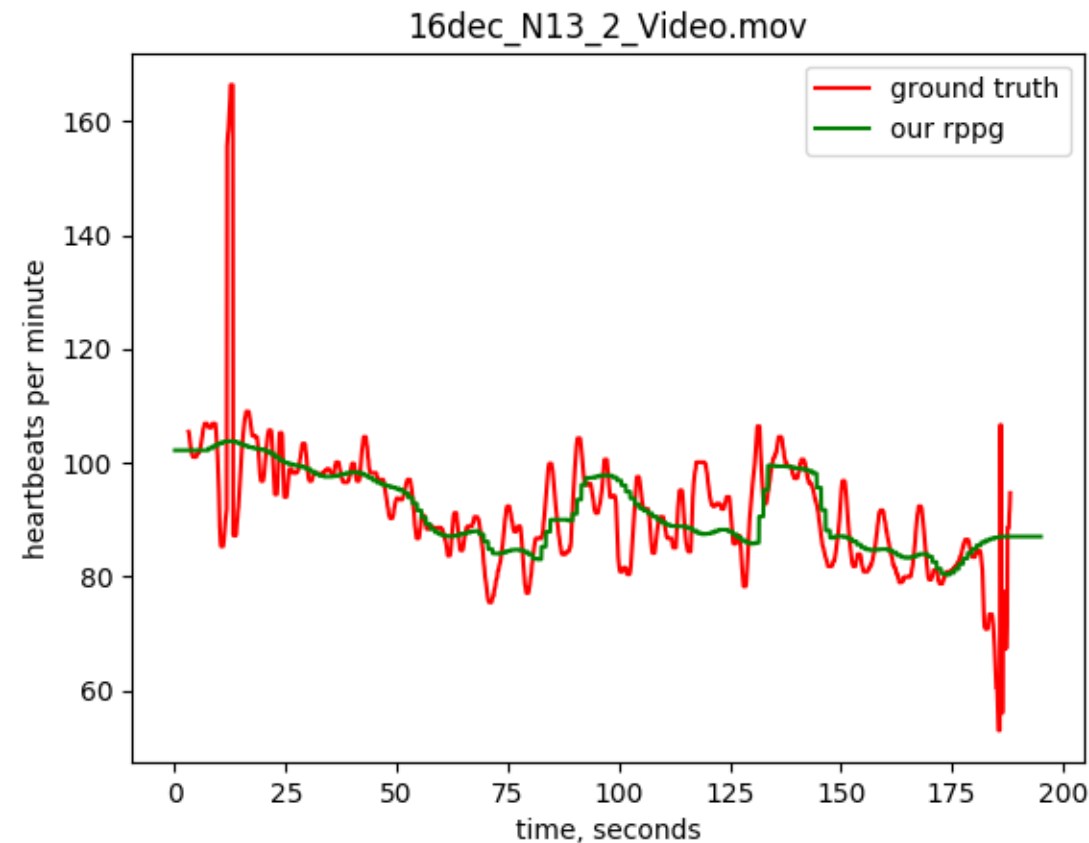
- Consistent with the findings of Carney et al., our results showed a **significant effect of power posing on self-reported feelings of power**. However, we found **no significant effect of power posing on hormonal levels** or in any of the three behavioral tasks [Ranehill et al., 2015]
- **Neither body posture nor eye gaze influenced the gambling decision**, and contrary to the predictions, **adopting an expansive pose reduced feelings of power** [Garrison et al., 2016]



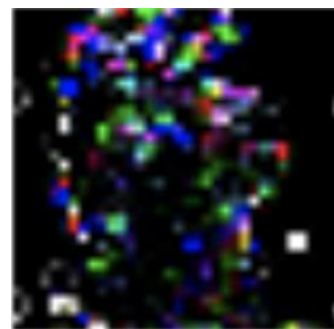


# Remote PPG challenges

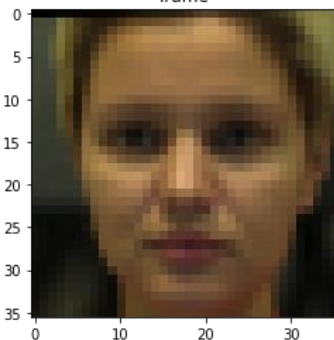
- Движения и речь



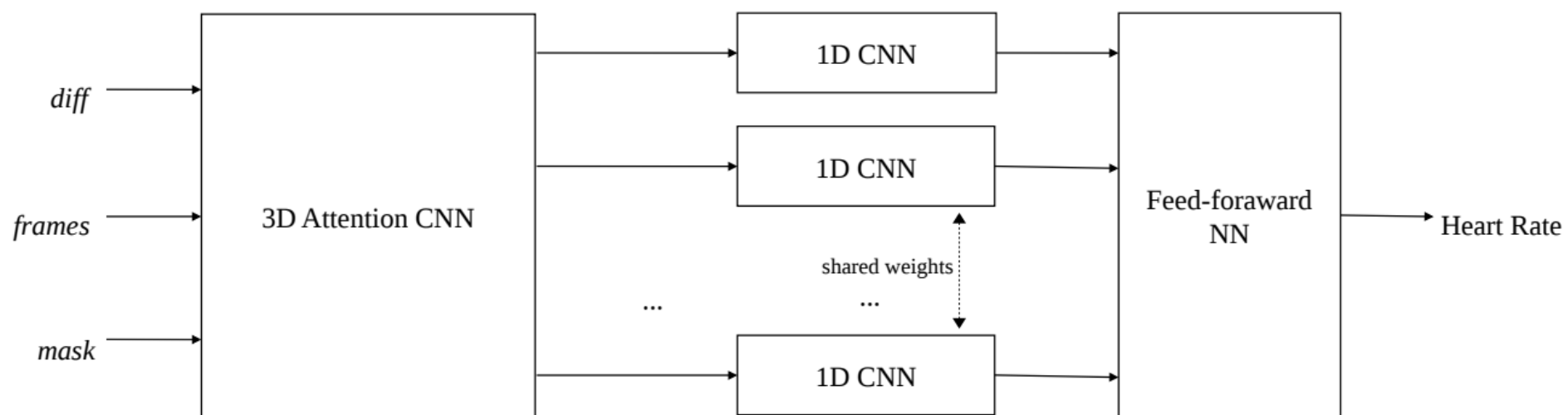
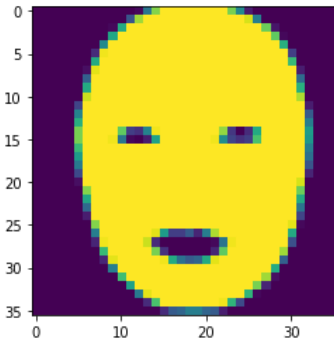
# Remote PPG



frame



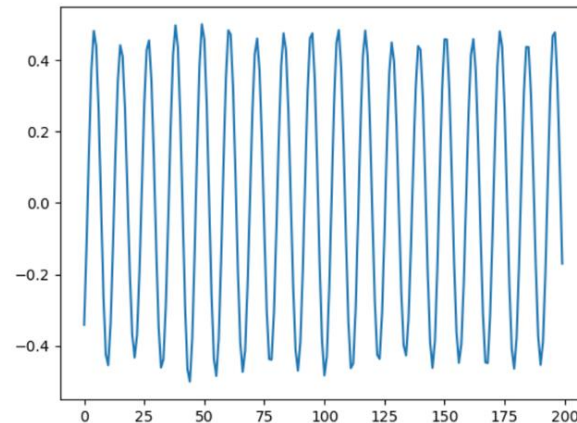
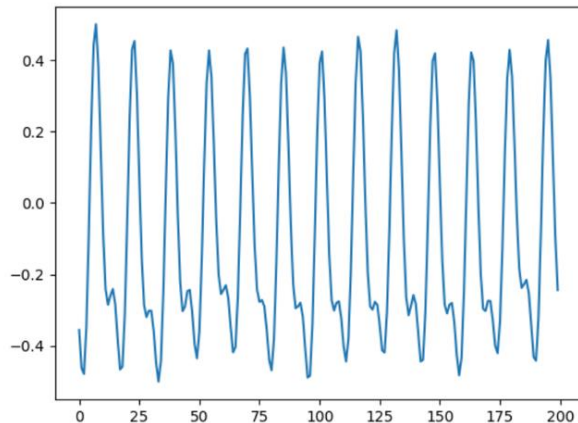
mask



# Remote PPG

- Предобучение на синтетических кривых

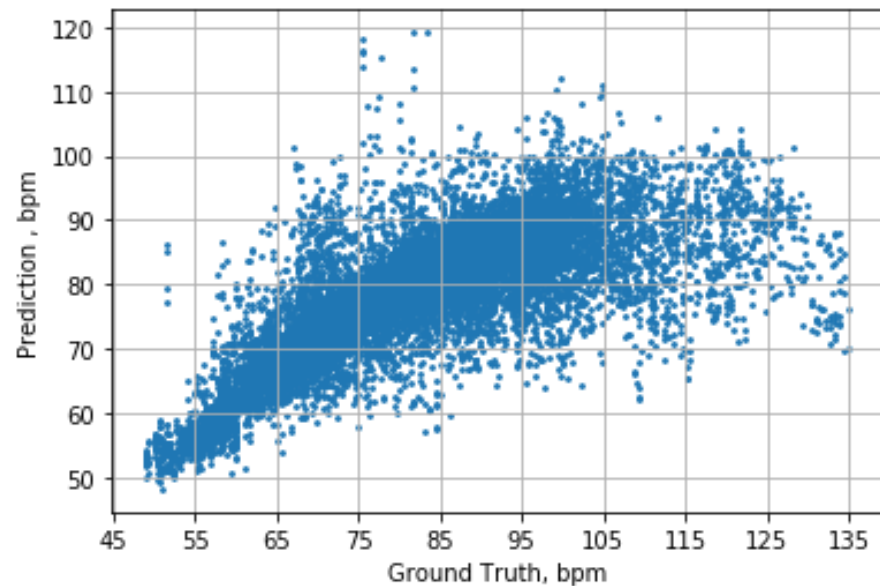
$$s(t) = A \sin \left( 2\pi \int_0^t hr(\tau) d\tau + \phi_{hr} \right) + A_2 \sin \left( 4\pi \int_0^t hr(\tau) d\tau + \phi_{hr} \right) + \\ B \sin \left( 2\pi \int_0^t br(\tau) d\tau + \phi_{br} \right) + C(t),$$



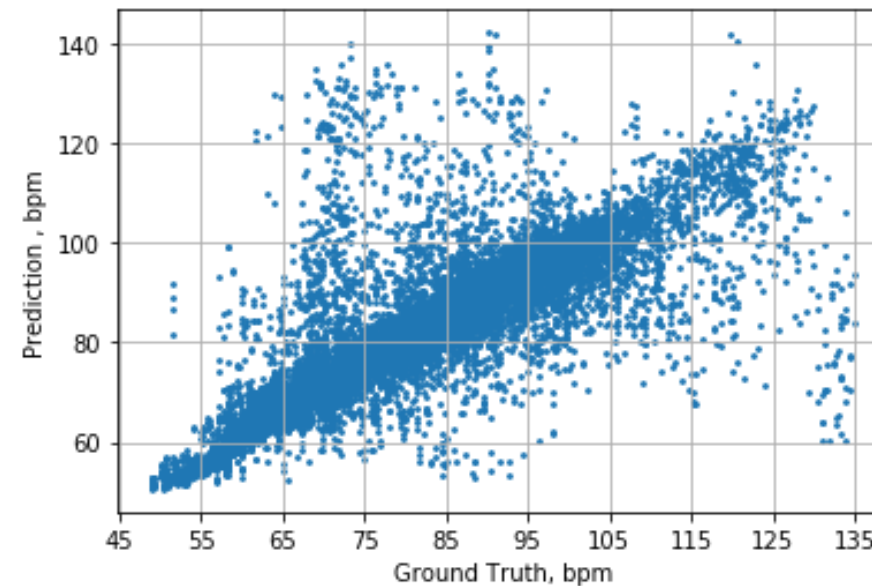


# Remote PPG

Результаты: MoLi-1 → MoLi-2



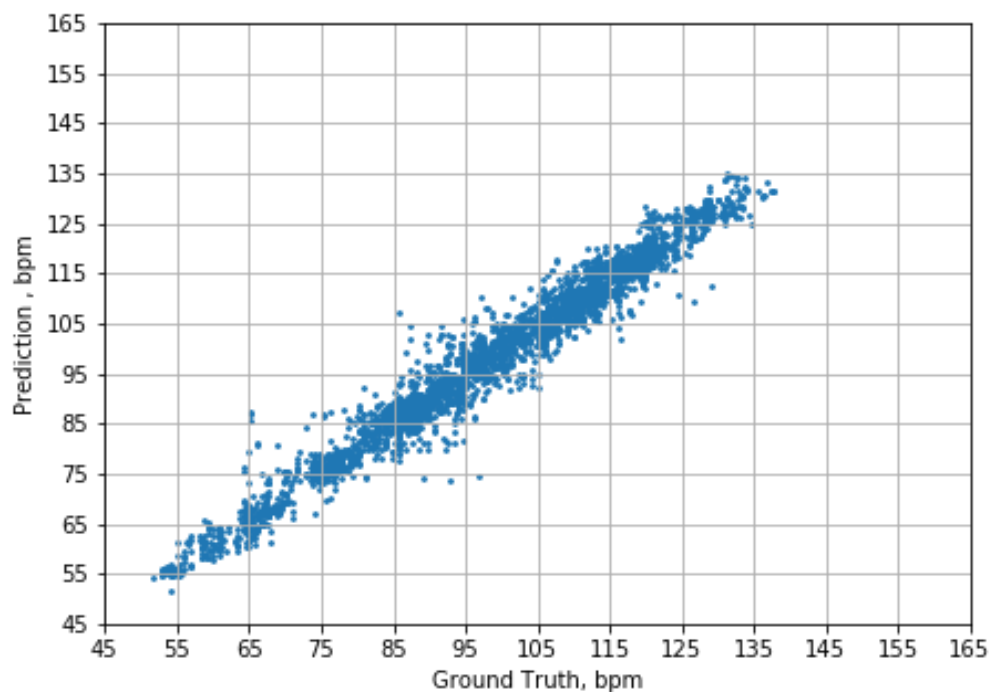
*Baseline NN:*  
MAE: 6.71  
RMSE: 10.63



*Pretrained NN:*  
MAE: **4.93**  
RMSE: **9.41**

# Remote PPG

Результаты: MoLi-1 + MoLi-2 → UBFC-RPPG



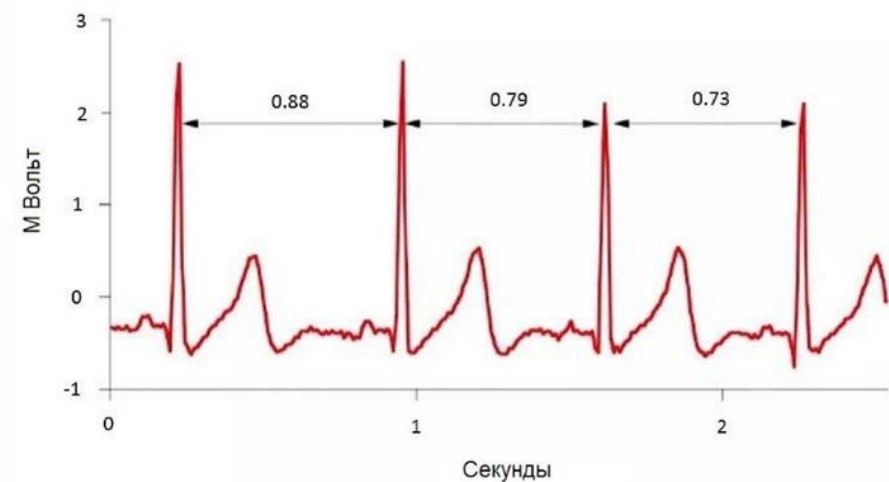
Метод	MAE	RMSE
ICA [16]	3.51	8.63
CHROM [16]	3.43	4.61
POS [16]	2.44	6.61
CK [16]	<b>2.29</b>	3.80
3D CNN [17]	5.45	8.64
<b>Pretrained NN</b>	2.41	<b>3.37</b>

# Вариабельность сердечного ритма (ВСР)

ВСР является физиологическим параметром, который связан с вегетативной нервной системой и состоянием сердечно-сосудистой системы.

Высокая ВСР связана с хорошим состоянием здоровья, хорошим самочувствием и оптимальной адаптацией к физической активности.

И наоборот, низкая ВСР связана с сердечно-сосудистыми нарушениями, ухудшением физиологического состояния человека.



# Статистические методы анализа ВСР (по ЭКГ)

- **SDNN** или **СКО** – суммарный показатель variability величин интервалов RR за весь рассматриваемый период (**NN** – означает ряд нормальных интервалов «normal to normal» с исключением экстрасистол);
- **СКО** – среднее квадратическое отклонение (выражается в мс);
- **SDNN** – стандартное отклонение NN интервалов (аналог СКО);
- **RMSSD** – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов NN (нормальных интервалов RR);
- **NN50** – количество пар последовательных интервалов NN, различающихся более, чем на 50 миллисекунд, полученное за весь период записи;
- **PNN50 (%)** – процент NN50 от общего количества последовательных пар интервалов, различающихся более, чем на 50 миллисекунд, полученное за весь период записи;
- **CV** – коэффициент вариации. Он удобен для практического использования, так как представляет собой нормированную оценку СКО

Более подробное описание параметров здесь <http://www.vestar.ru/article.jsp?id=1267>

# Спектральные методы анализа ВСР

Название	Частотный диапазон, Гц	Период, сек
HF	0,4 – 0,15	2,5 – 6,6
LF	0,15 – 0,04	6,6 – 25,0
VLF	0,04 – 0,015	25,0 – 66,0
ULF	Меньше 0,015	Больше 66,0

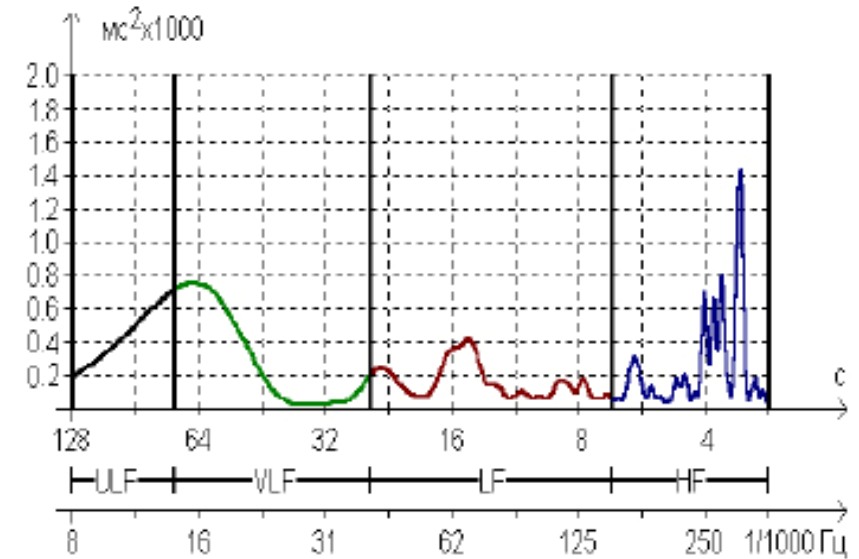


Рис. 6. Типичная спектрограмма ВСР при использовании метода быстрого преобразования Фурье (БПФ).

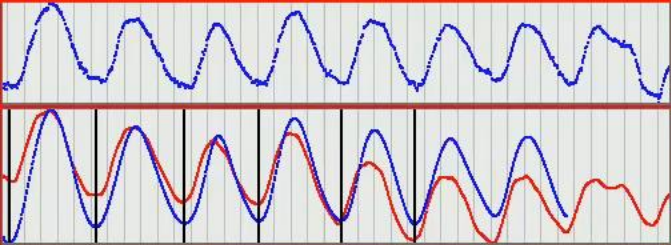
При спектральном анализе обычно для каждого из компонентов вычисляют абсолютную суммарную мощность в диапазоне, среднюю мощность в диапазоне, значение максимальной гармоники и относительное значение в процентах от суммарной мощности во всех диапазонах.

Индекс централизации **IC = (HF+LF)/VLF**

Индекс вагосимпатического взаимодействия **LF/HF**

# Связь ВСР и стресса

- **Стресс у студентов:** Punita et al. “Gender difference in heart rate variability in medical students and association with the level of stress” (2016)
- **Стресс в эксперименте (тест Струпа):** Endukuru et al. “Evaluation of Cardiac Responses to Stress in Healthy Individuals - A Non Invasive Evaluation by Heart Rate Variability and Stroop Test” (2016)
- **Стресс на работе:** Kang et al. “Association between job stress on heart rate variability and metabolic syndrome in shipyard male workers” (2004)



t = 140.64  
br1 = 13.5 (4.4)  
br5 = 12.3 (4.9)  
br10 = 11.9 (5.0)





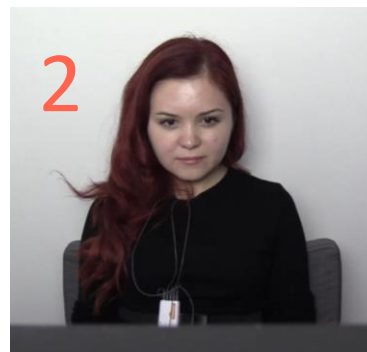
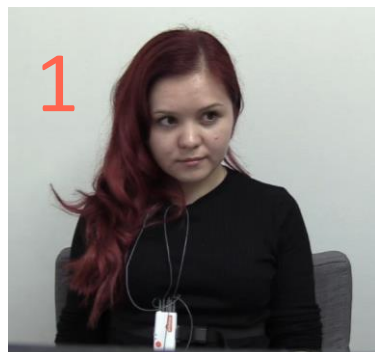
1





2





○

