

Affective computing

Olga Perepelkina
Marina Churikova
HSE, 2020

Тема 7. Эмоции и физиологические сигналы

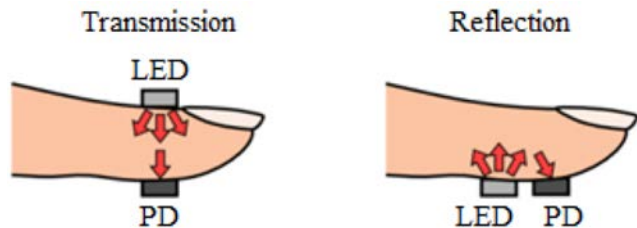
План лекции

- Регистрация периферических физиологических сигналов
- Обзор контактных и бесконтактных методов
- Связь физиологических параметров и эмоционального состояния
- Определение стресса и усталости
- Практическая работа с Shimmer

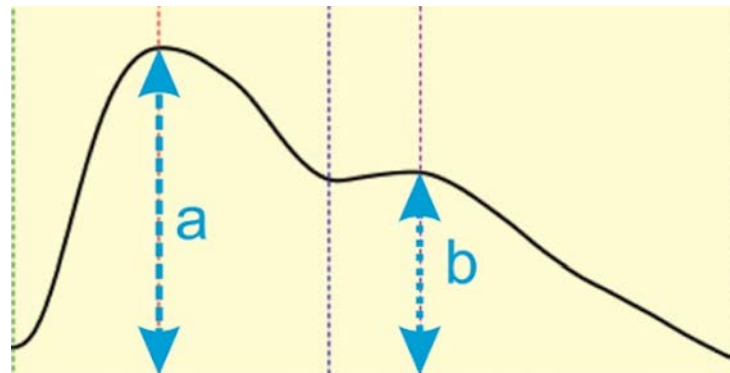
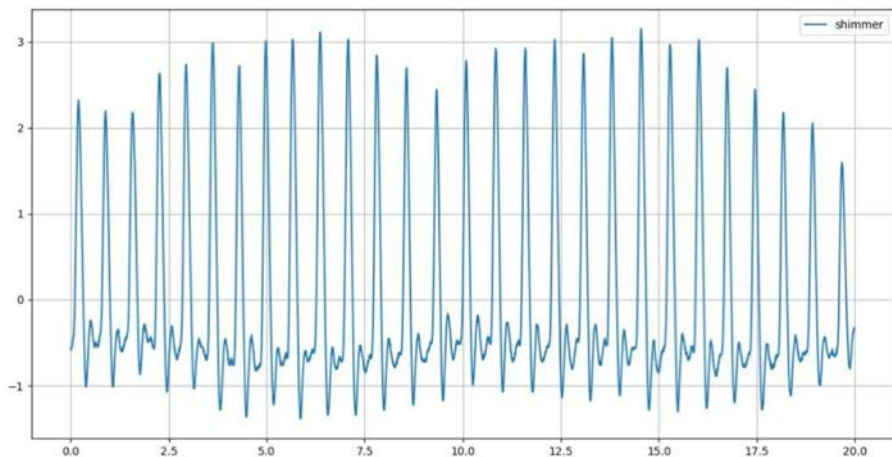
Периферические физиологические сигналы и методы их регистрации

- Активность сердечно-сосудистой системы
- Дыхание
- Электродермальная активность
- Мышечная активность
- Движения глаз и реакция зрачка
- Активность мозга

Фотоплетизмография (ФПГ)



Типы пульсоксиметров



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

Бесконтактная фотоплетизмография

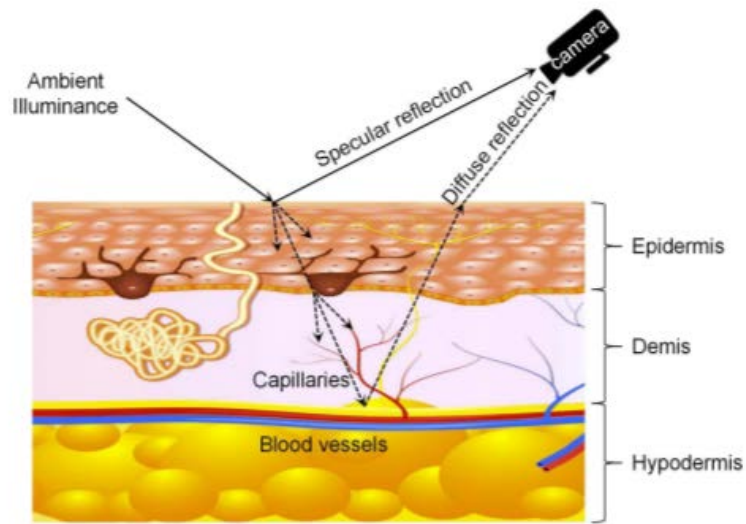


Fig. 1. Reflection model of rPPG.

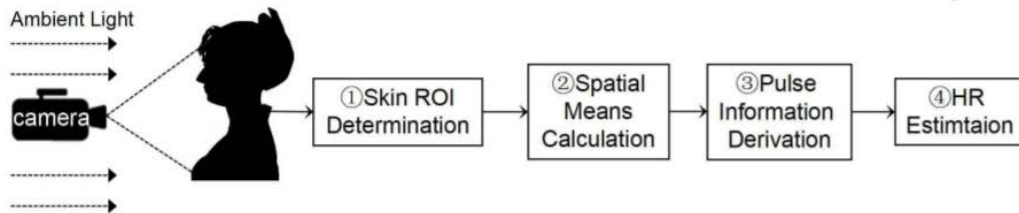
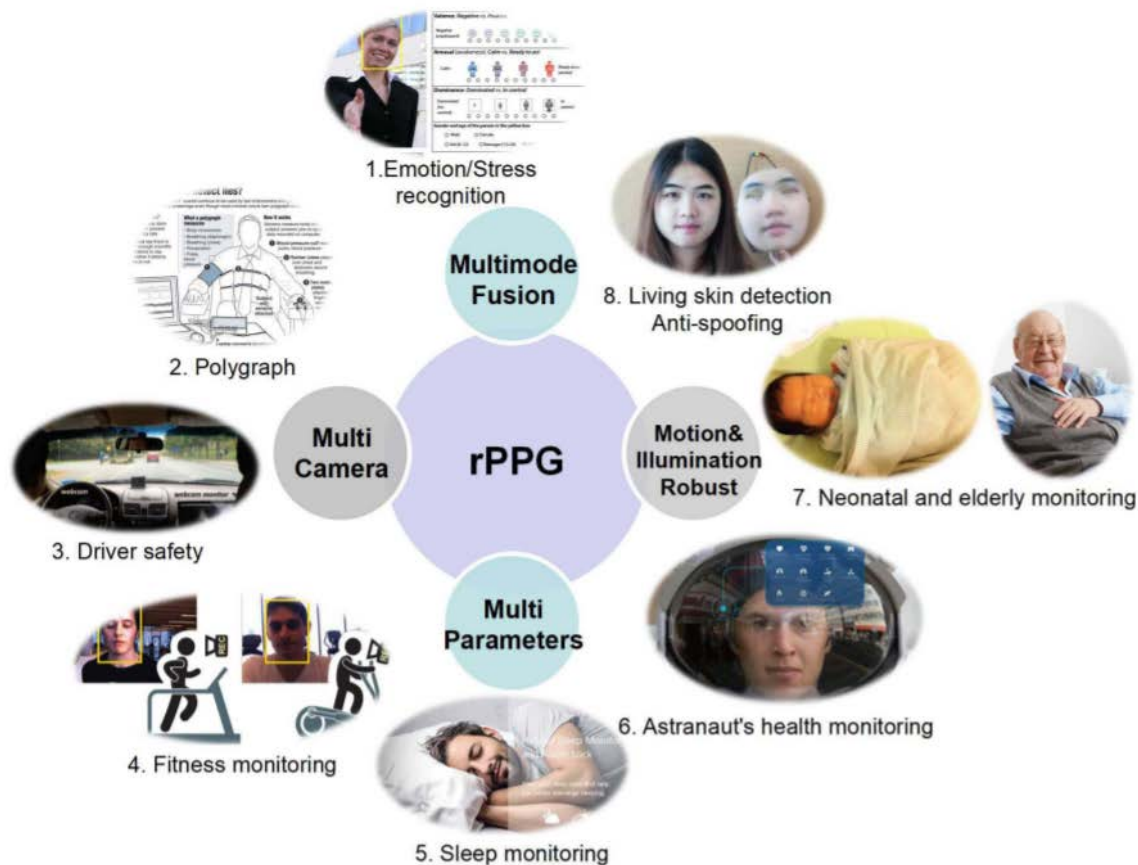


Fig. 2. Basic framework of rPPG measurement.

Перспективы удаленной регистрации

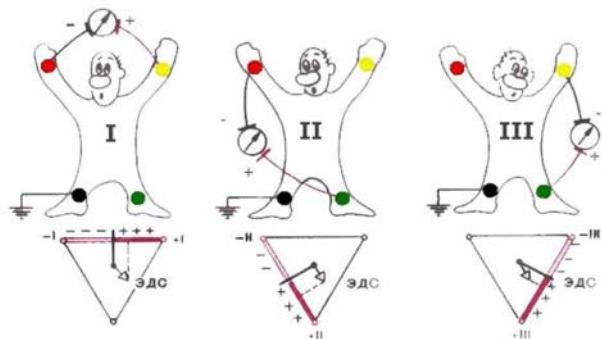


Электрокардиография (ЭКГ)



Grid: 0.2 sec; 0.5mV

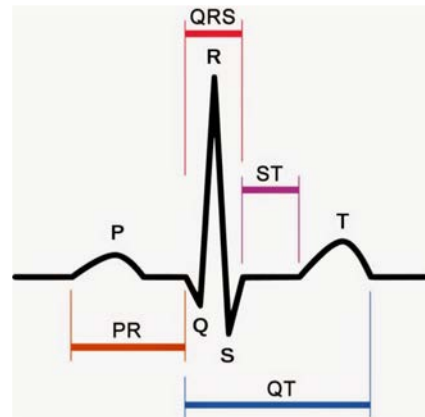
Стандартные отведения



Первое отведение

Второе отведение

Третье отведение

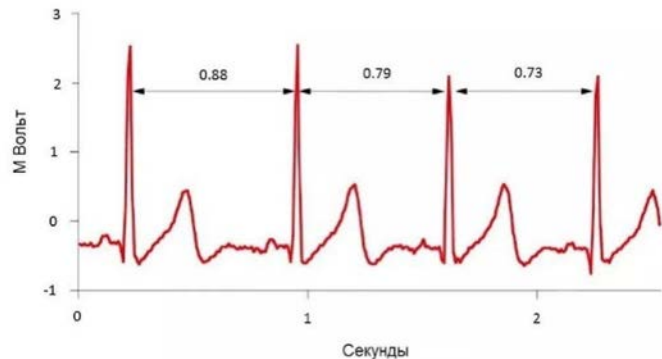


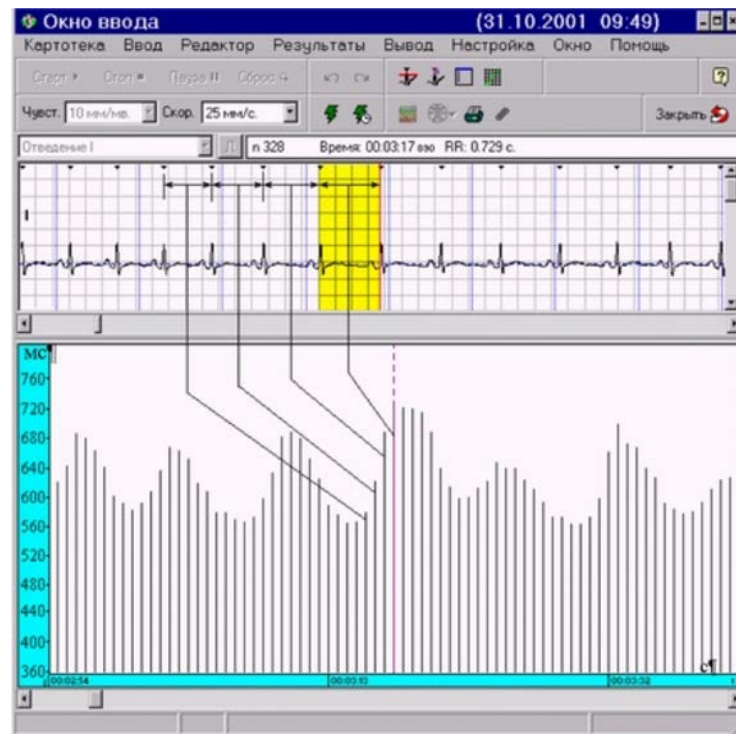
Вариабельность сердечного ритма (ВСР)

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.





Электрокардиограмма

Кардиоинтервалограмма

Статистические методы анализа ВСР (по ЭКГ)

- **SDNN** или **СКО** – суммарный показатель вариабельности 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

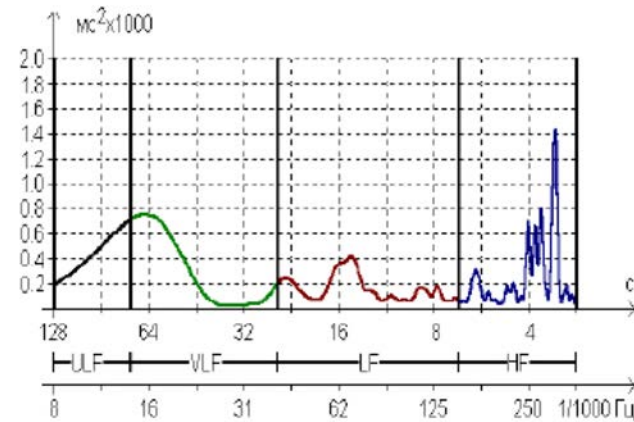


Рис. 6. Типичная спектрограмма ВСР при использовании метода быстрого преобразования Фурье (БПФ).

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.

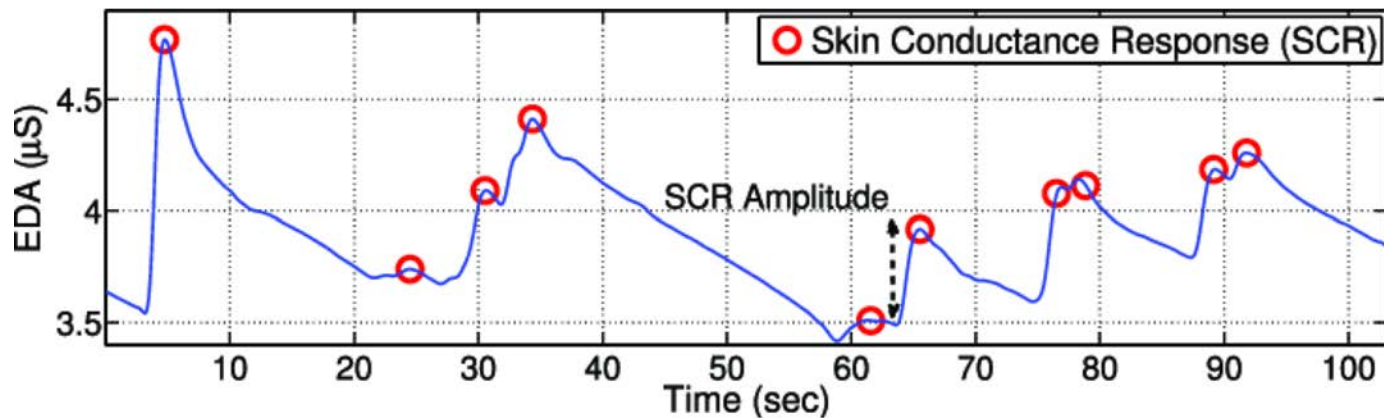
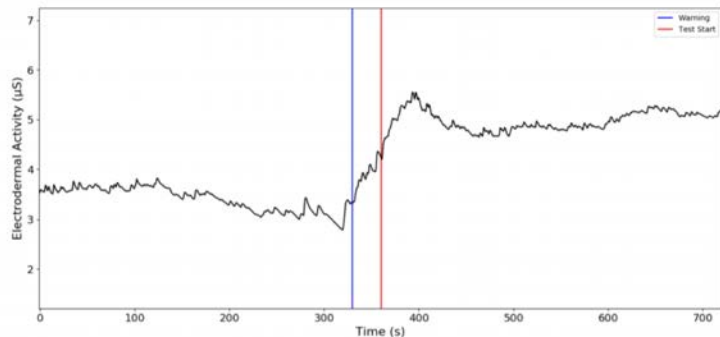
Индекс централизации **IC = (HF+LF)/VLF**

Индекс вагосимпатического взаимодействия **LF/HF**

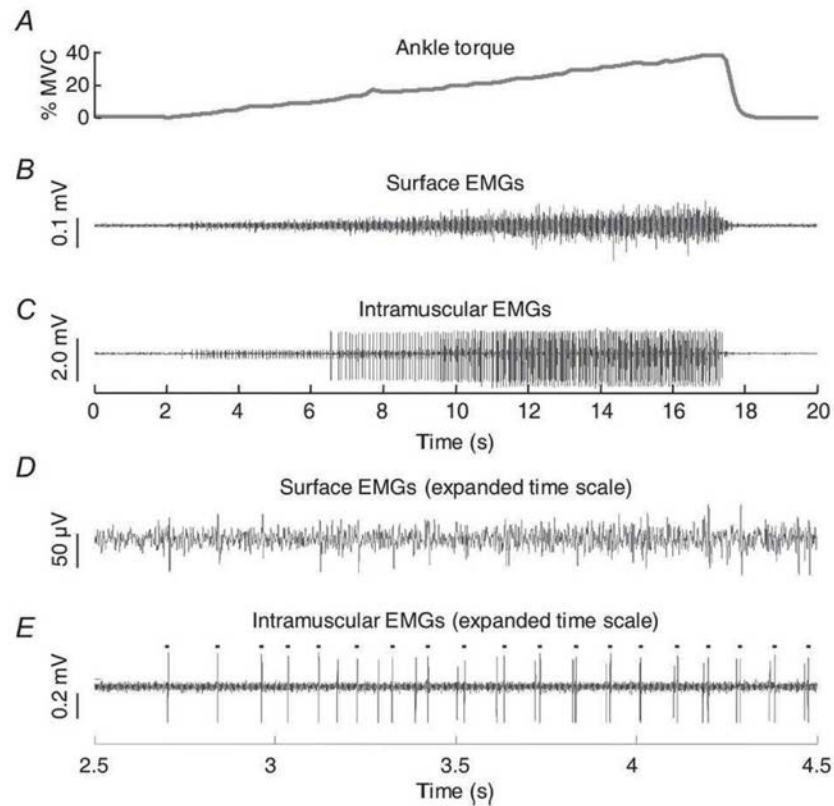
Артериальное давление (АД)



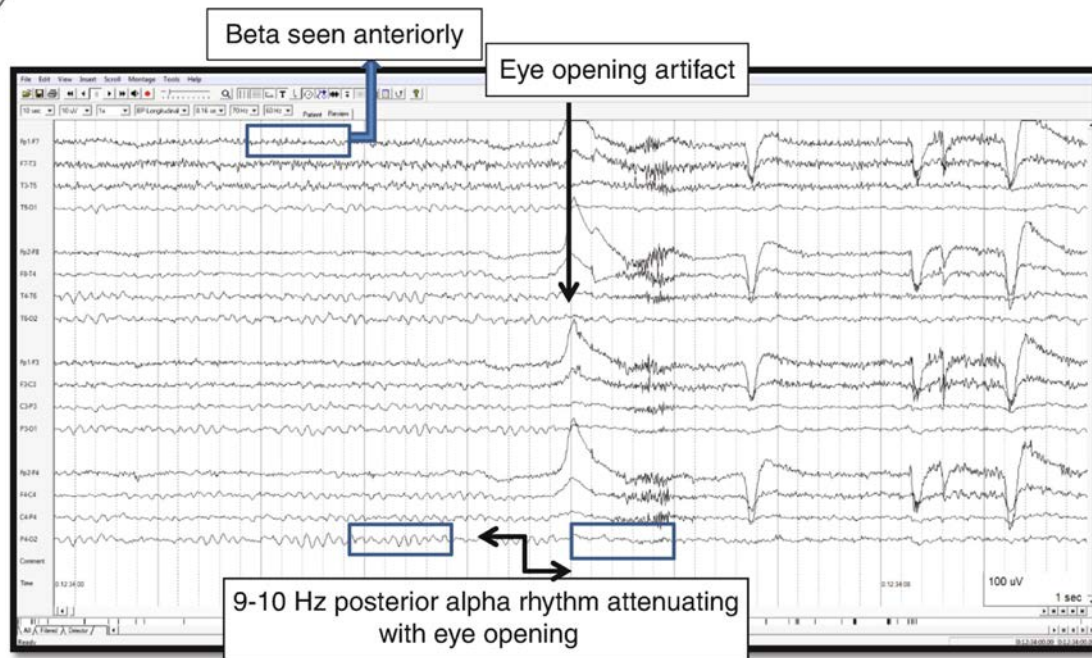
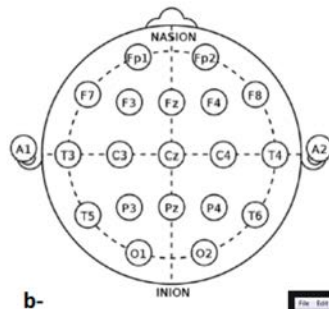
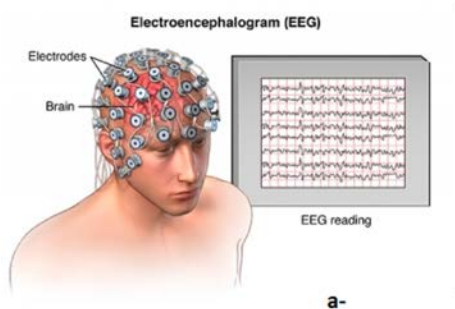
Кожно-гальваническая реакция (КГР)



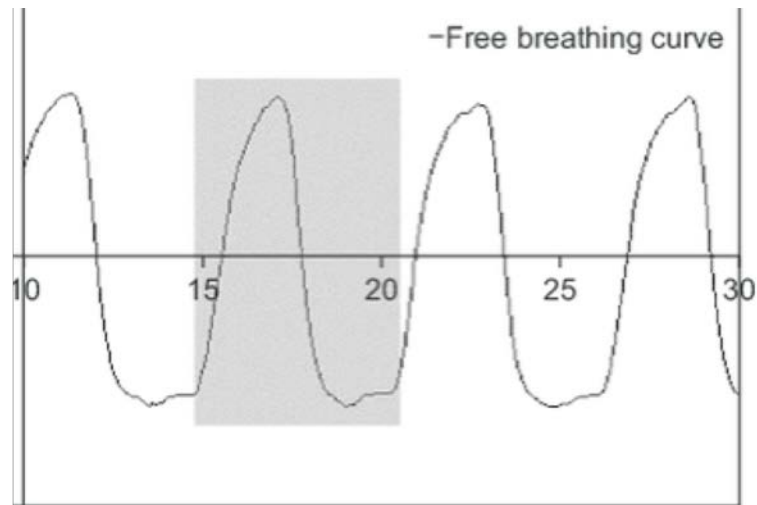
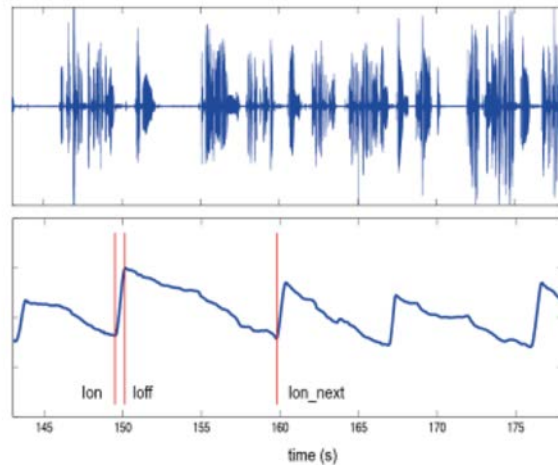
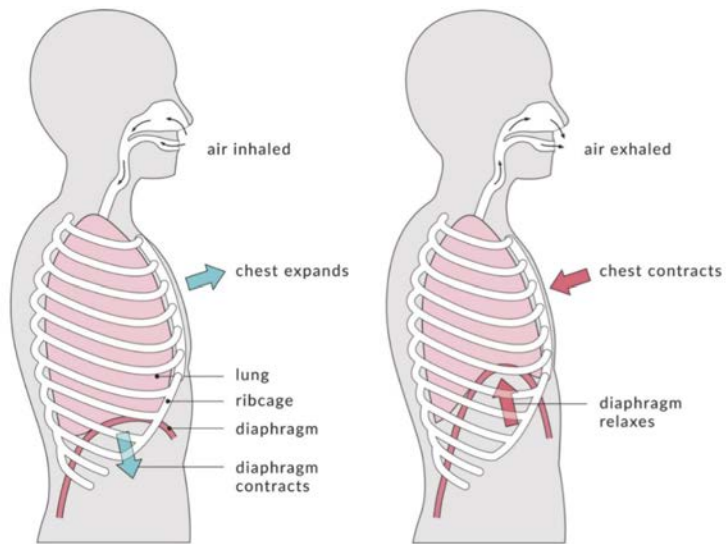
Электромиография (ЭМГ)



Электроэнцефалография (ЭЭГ)



Дыхание

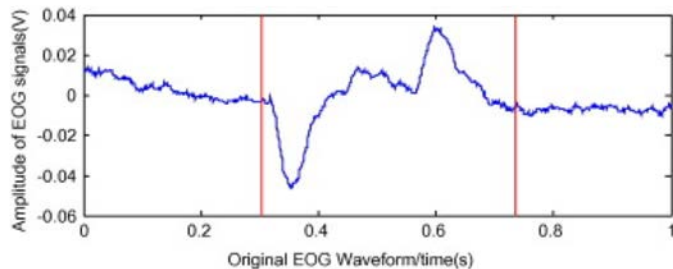


Движения глаз

- Айтрекинг (видеоокулография)



- Электроокулография

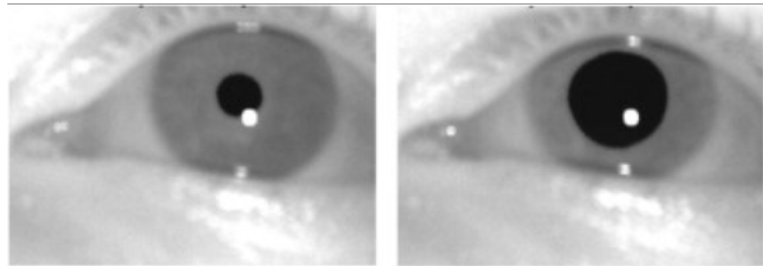


Реакция зрачков

Зрачок может расширяться в ответ на разные стимулы:

- уменьшение освещения,
- **эмоциональное возбуждение**,
- болевые ощущения,
- различные препараты, в т.ч. адреналин, кокаин, атропин, амфетамины, галлюциногенные вещества

Зрачок сокращается в ответ на яркий свет, а также при воздействии седативных препаратов типа алкоголя и опиоидов



Связь физиологических параметров и эмоционального состояния

Blushing

- Эмоции вызывают спектр изменения цвета лица, начиная от бледности во время страха и заканчивая покраснением от смущения и ярости.
- Румянец обычно проявляется больше всего на щеках, а также на лбу, иногда на шее и верхней части груди.
- Во время эмоциональных реакций таких как ярость, гормональная и нервная системы расширяют сосуды, опосредуя часть ответа «бей или беги», поскольку кровь направляется к лицу во время реакций «конфронтационной защиты» у животных.
- И наоборот, кровь во время страха направляется от кожи лица к мышцам задних конечностей, что может быть причиной бледности лица.

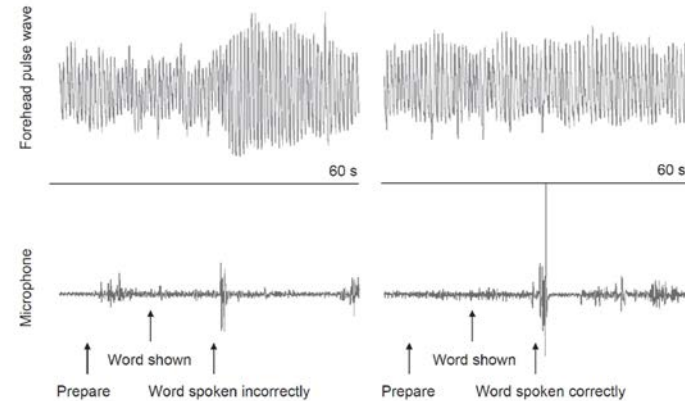


Figure 2.1 Making a mistake evokes blushing (Drummond, 2012). Pulse amplitude was recorded from the forehead via a Grass Instruments photoplethysmograph that was attached a few centimetres above the eyebrows with an adhesive washer, and protected from ambient light with a black headband.

Blushing

Blushing can be recorded physiologically, using **photoplethysmography** and temperature sensing. Core components of blushing:

- blood volume pulse (i.e., fast changes in blood volume with each heartbeat),
- average blood volume (i.e., slow changes in blood pooling in arteries, veins, and capillaries),
- skin temperature (i.e., slow changes in accumulated effects of blood volume pulse; Shearn, Bergman, Hill, Abel, & Hinds, 1990).

Heart rate variability and emotions

Heart rate variability monitoring for emotion and disorders of emotion (2019) by Zhu et al.

Table 4 Results of HRV indices under different emotions from a healthy subject (shown in Figure 1)

	SDNN	RMSSD	PNN50	LFn	HFn	LF/HF	SampEn
Calm	64.56	35.43	18.78	0.65	0.35	1.83	1.84
Fear	86.44	60.96	32.45	0.60	0.40	1.47	1.64
Happiness	50.30	37.70	16.06	0.69	0.31	2.20	2.13
Anger	54.14	49.20	30.93	0.50	0.50	1.01	1.77
Sadness	40.04	40.74	23.17	0.45	0.55	0.82	2.48

Shi et al (2017) investigated the differences of HRV between **happiness** and **sadness** in 48 healthy volunteers. The results showed that mean heart rate, SDNN, LFn and LF/HF in happiness were higher than those in sadness while HFn exhibited the opposite result, which suggested the greater sympathetic and smaller parasympathetic nervous activities in happiness.

Heart rate variability and emotions

Autonomic specificity in emotion: The induction method matters (2017) by McGinley & Friedman

A sample of 64 college-aged students watched film clips, read imagery scripts, and recalled personal memories for five emotion states.

Table 1
Pattern Classification Matrix of Emotions (Combining all Induction Methods) using ANS Variables

		Predicted Emotion Condition					Total
		Fear	Con	Sad	Amu	Neu	
Actual Emotion Condition	Fear	47 (36.4)	25 (19.4)	9 (7.0)	26 (20.2)	22 (17.1)	129 (100.0)
	Con	25 (18.9)	45 (34.1)	19 (14.4)	26 (19.7)	17 (12.9)	132 (100.0)
	Sad	29 (21.3)	36 (26.5)	25 (18.4)	26 (19.1)	20 (14.7)	136 (100.0)
	Amu	35 (26.7)	28 (21.4)	12 (9.2)	39 (29.8)	17 (13.0)	131 (100.0)
	Neu	21 (16.9)	33 (26.6)	11 (8.9)	25 (20.2)	34 (27.4)	124 (100.0)

Key: Con=Contentment, Sad=Sadness, Amu=Amusement, Neu=Neutral

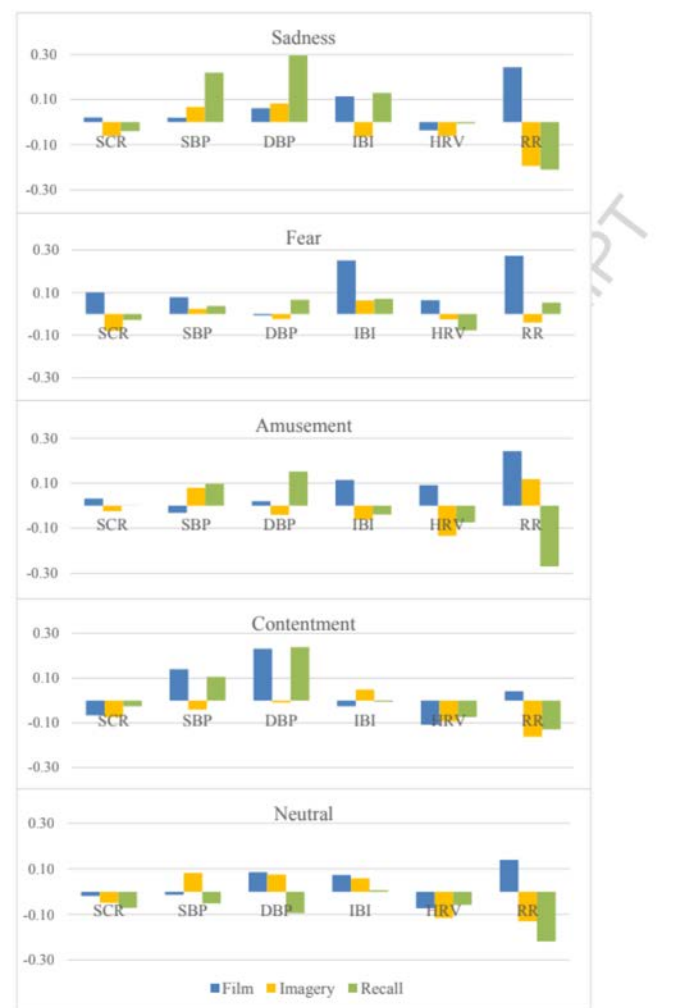


Figure 1. ANS Changes for each task

Note: y-axis is in Cohen's D. Negative effect sizes reflect direction of physiological change.

Heart rate variability and emotions

A Multiclass Arousal Recognition using HRV Nonlinear Analysis and Affective Images (2018) by Nardelli et al.

TABLE II

FEATURES SELECTED BY THE ALGORITHM AT LEAST IN ONE ITERATION.

STANDARD	<i>LPP_{symp}</i>
LF/HF	SD2 _{LPP4}
HF peak	SD2 _{LPP3}
RR mean	S _{LPP4}
LF power nu	SD1 _{LPP3}
HF power	SD12 _{LPP3}
RR std	
HF power %	
LF power	
LF power %	

A new hybrid method based on Lagged Poincaré Plot (LPP) and symbolic analysis, hereinafter called LPPsymp.

In the experimental protocol 22 healthy subjects were elicited through a passive visualization of affective images gathered from the international affective picture system. The best performance of the proposed classification algorithm for recognizing the four classes of arousal was obtained using nine features comprising heartbeat complex dynamics, achieving an accuracy of 71.59%.

The arousal sessions included 20 images with an increasing level of valence (from unpleasant to pleasant)

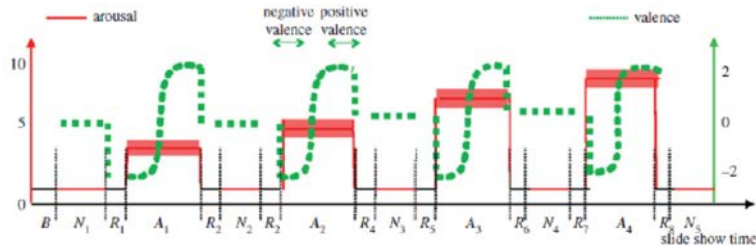


Fig. 1. Experimental timeline. The y-axis relates to the official IAPS score, whereas the x-axis relates to the time. Along time, the red line indicates the arousal level and the dotted green line the valence level. R=rest sessions, N=neutral sessions, A=arousal sessions.

Table I reports the confusion matrix related to the best performance, in terms of accuracy, obtained by the proposed pattern recognition algorithm. Such a maximum accuracy was achieved using the first nine most informative features, therefore avoiding the risk of model overfitting.

TABLE I

PEAK PERFORMANCE OF THE PATTERN RECOGNITION IN THE DISCRIMINATION BETWEEN FOUR DIFFERENT LEVELS OF AROUSAL.

	Arousal 1	Arousal 2	Arousal 3	Arousal 4
Arousal 1	81.8182	9.0909	31.8182	9.0909
Arousal 2	4.5455	77.2727	18.1818	0.0000
Arousal 3	13.6363	4.5455	45.4545	9.0909
Arousal 4	0.0000	9.0909	4.5455	81.8182

The highest accuracy was 71.59%, calculated as the mean of values along the diagonal of the confusion matrix (Table

Heart rate variability and emotions

A Study of the Dynamic Relation between Physiological Changes and Spontaneous Expressions (2017) by Yang et al.

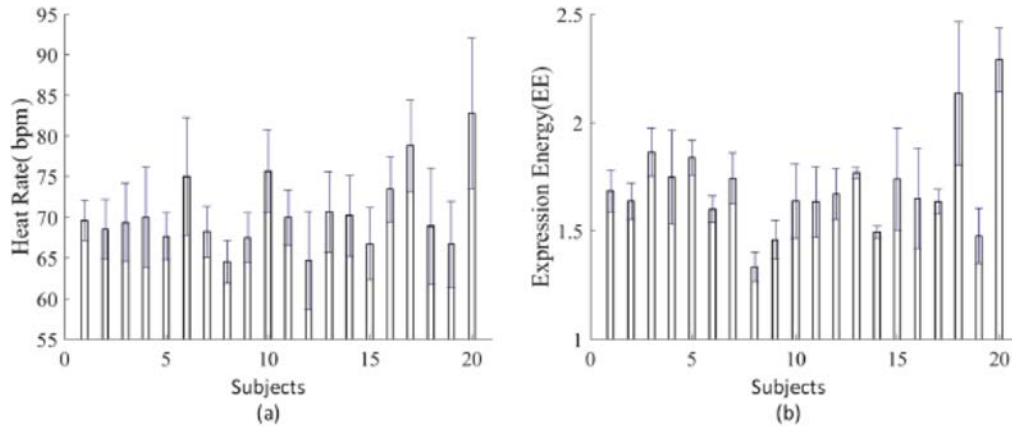


Figure 3. Individual difference in HRs and EEs. Each bar represents the average for the 20 subjects for HRs and EEs. Error bars represent standard deviations (S.D.).

Смотрели не эмоции, а силу спонтанных выражений (Expression Energy - EE) на лице во время просмотра видео.

Работа интересна тем, что пульс измеряли по iPPG и сверяли с ЧСС (Heart Rate - HR) по ЭКГ.

Нашли корреляции HR и EE во время пика

Э

Experimental Setup	Parameter/Details
Two Cameras	Model: MV-UB 130 GC, MindVision, Shenzhen, China. 1.3 Megapixel, and Standard C-mount lens, global shutter, hardware trigger.
Lens	3 Megapixel 1/2.6-12mm F1.6-C, Guangzhou, China.
Distance between two cameras (mm)	300mm
Subject and camera (mm)	550-650mm
Frame rate (fps)	30
Software used	E-Prime

Table 3. Experimental setup to acquire spontaneous facial expression videos.

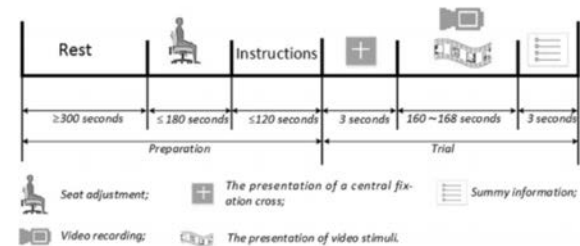


Figure 8. A schematic diagram of the experimental protocol procedures.

Применение ВСП для детекции стресса (по ЭКГ)

Punita et al. “Gender difference in heart rate variability in medical students and association with the level of stress” (2016)

Испытуемые - студенты медицины
 Параметры: TP, LF, HF, HFnu, LF/HF, RR, SDNN, RMSSD, NN50, pNN50

All the frequency domain indices were reduced with increase in the intensity of stress except for LFnu, which significantly increased.

Parameters	Highest score based						Kruskal–Wallis test <i>P</i> value	Moderate versus high	Moderate versus severe	High versus severe
	Moderate (<i>n</i> =33)		High (<i>n</i> =94)		Severe (<i>n</i> =22)					
	Median	IQR	Median	IQR	Median	IQR				
SDNN (ms)	50.90	29.20	30.90	20.23	21.70	13.70	<0.001	<0.001	<0.001	0.001
RMSSD (ms)	59.50	50.60	33.55	32.70	24.60	21.40	<0.001	<0.001	<0.001	0.006
NN50 (ms)	137.00	85.50	53.50	107.50	16.00	44.25	<0.001	<0.001	<0.001	0.004
pNN50	36.80	29.70	13.20	27.13	3.60	10.90	<0.001	<0.001	<0.001	0.003
LF power (ms ²)	815.00	830.00	364.00	496.50	118.00	118.75	<0.001	<0.001	<0.001	0.000
HF power (ms ²)	1146.00	1974.00	363.00	735.50	153.00	245.50	<0.001	<0.001	<0.001	0.007
Total power (ms ²)	2207.00	2474.50	794.00	1284.75	322.00	294.50	<0.001	<0.001	<0.001	0.000
LF/HF ratio	0.60	0.72	0.84	1.28	0.81	0.75	0.061	0.021	0.151	0.540
LFnu	37.40	24.35	45.60	30.30	44.55	21.65	0.060	0.021	0.149	0.540
HFnu	62.60	24.35	54.40	30.30	55.45	21.65	0.060	0.021	0.149	0.540

Comparison between various levels of stress is done using Kruskal–Wallis test followed by Mann–Whitney *U*-test to compare two levels of stress.
 SDNN: Standard deviation of all NN intervals, RMSSD: Square root of mean of the sum of the squares of differences between adjacent NN intervals, NN50 count: Number of pairs of adjacent NN intervals differing by more than 50 ms in entire recording, Total power: The variance of NN intervals over the temporal segment, LF: Power in low frequency range (0.04-0.15 Hz), HF: Power in high frequency range (0.15-0.4 Hz), LF norm: LF power in normalized units (LF/[TP-VLF]*100), HF norm: HF power in normalized units (HF/[TP-VLF]*100), LF/HF ratio: Ratio LF (ms²)/HF (ms²), pNN50: The percentage of NN50 counts, HRV: Heart rate variability, IQR: Interquartile range

Endukuru et al. “Evaluation of Cardiac Responses to Stress in Healthy Individuals - A Non Invasive Evaluation by Heart Rate Variability and Stroop Test” (2016)

Записывали ЭКГ 5 минут во время отдыха и 5 минут во время задачи Струпа

Параметры: HR, RR interval, SDNN, RMSSD, LF, HF, LF/HF

All the components of HRV were sensitive to stress in all the healthy individuals.

red blue orange purple
orange blue green red
blue purple green red
orange blue red green
purple orange red blue
green red blue purple

	Time domain parameters in participants during rest	Time domain parameters in participants during Stroop test	P value
Mean HR	80.20 ± 13.26	86.14 ± 10.36	0.0142*
Mean RR	770.90 ± 113.59	745.90 ± 114.36	0.2754
SDNN	69.27 ± 22.06	53.36 ± 26.36	0.0015**
RMSSD	51.44 ± 23.10	39.51 ± 25.69	0.0164*
NN50	49.63 ± 33.18	91.76 ± 70.46	0.6502
PNN50%	26.23 ± 17.45	25.61 ± 16.80	0.8567

TABLE III: Shows comparison of Frequency domain measures of HRV in individuals during rest and stroop. In our study, Total Power, LF nu, HF nu, showed no significant difference among participants during rest and stroop test. However, during the stroop test, there was a statistically significant increase in LFms2, LF-HF ratio and decrease in HFms2 when compared to resting participants.

	Frequency domain parameters in participants during rest	Frequency domain parameters in participants during Stroop test	P value
TP	3641.74 ± 2517.86	2936.36 ± 1998.89	0.0511
L F ms ²	1257.26 ± 955.63	1360.48 ± 752.11	0.0261*
H F ms ²	952.36 ± 745.39	849.39 ± 649.36	0.0463*
LF nu	54.29 ± 14.39	56.01 ± 10.26	0.4930
HF nu	43.63 ± 15.59	40.59 ± 10.28	0.2525
LF/HF	1.19 ± 0.51	2.21 ± 0.89	0.0001***

Kang et al. “Association between job stress on heart rate variability and metabolic syndrome in shipyard male workers” (2004)

Измеряли уровень стресса на работе (опрос) и записывали ЭКГ 5 мин

Параметры: SDNN

SDNN was significantly lower in the high strain group than in the low strain group. However, they could not find a significant association in LF/HF ratio.

Table 5. Relationships between Job Strain, Metabolic Syndrome, and Heart Rate Variability Mean (S.D.)

Variables	Lower strain* + Normal (N=99)	Lower strain + metabolic syndrome (N=15)	High strain + Normal (N=32)	High strain + metabolic syndrome (N=10)	p-value
SDNN [†]	39.6 (11.3)	35.9 (10.2)	35.1 (9.8)	31.1 (8.4)	0.04
log (Tp [‡])	7.0 (6.1)	6.8 (0.4)	6.7 (0.6)	6.6 (0.5)	0.09
log (Vlf [§])	6.4 (0.6)	6.1 (0.5)	6.1 (0.6)	5.9 (0.7)	0.04
log (Lf [§])	5.6 (0.7)	5.5 (0.6)	5.5 (0.7)	5.5 (0.4)	0.87
log (Hf [§])	4.9 (0.8)	4.9 (0.9)	4.8 (0.8)	4.4 (0.4)	0.45
LF/HF ratio [¶]	2.4 (3.1)	2.8 (1.6)	2.9 (2.9)	2.9 (0.7)	0.21

*Lower strain group; low strain + passive group + active group.

[†]SDNN, standard deviation of all NN interval; [‡]TP, total power; [§]VLF, very low frequency; [§]LF, Low frequency; [§]HF, high frequency;

[¶]LF/HF, index of cardiac sympathetic activity; log, log transformationLower strain group.

Биологическая обратная связь как применение технологий удаленной регистрации



Практическая работа с Shimmer