

Affective Computing

Olga Perepelkina
HSE, 2020

План лекции

- **Тема 5. Эмоции и невербальная коммуникация.** Связь эмоций и невербального поведения. Обзор методов записи и анализа движений и жестов. Методы определения эмоций по невербальному поведению.
- **Практическое задание «Невербальная коммуникация»**

bit.ly/32ID0x6

Тема 3. Эмоции и невербальная коммуникация

1. Невербальная коммуникация

Невербальная коммуникация



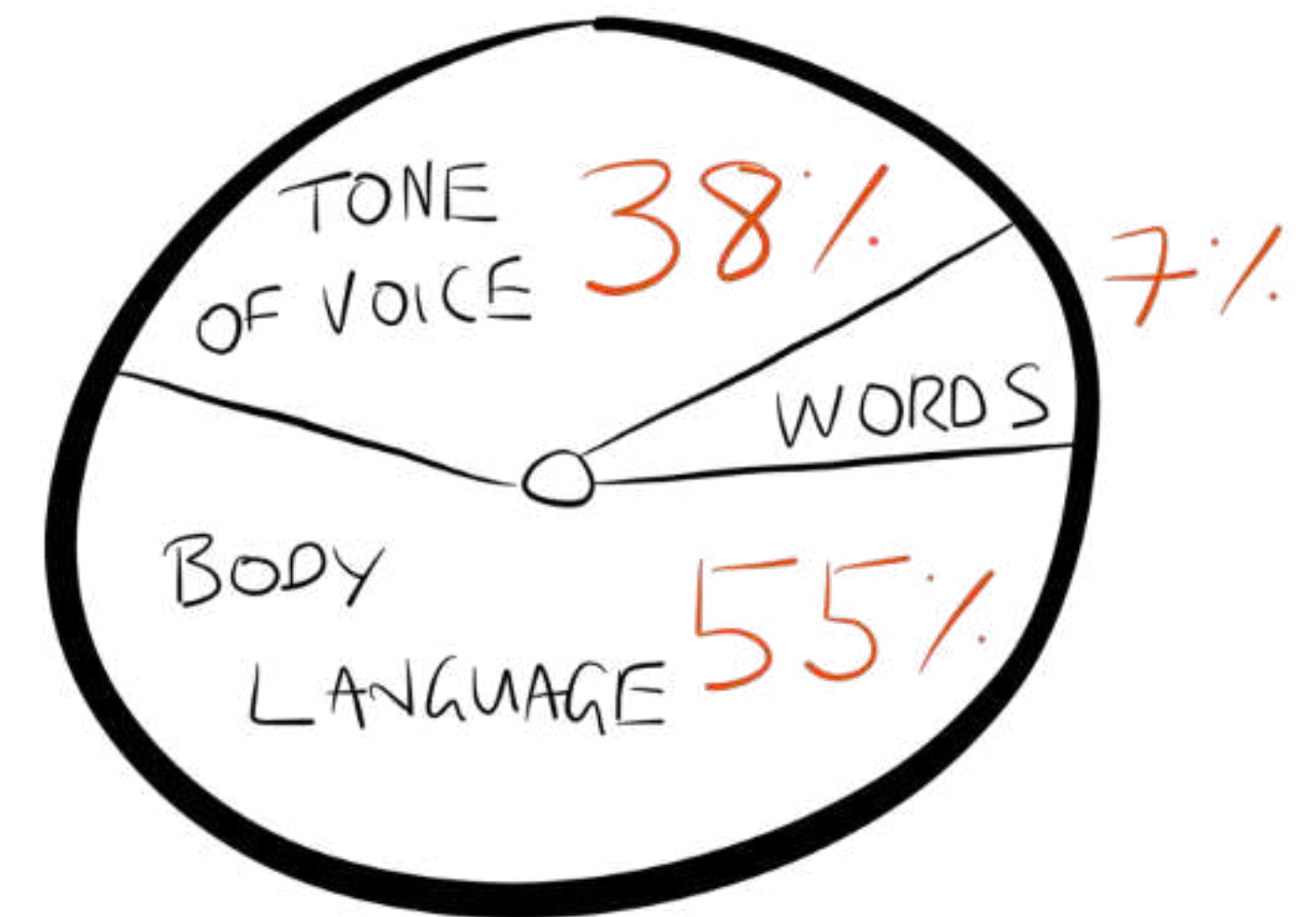
Невербальная коммуникация

“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** — for 55%.
- [Mehrabian & Wiener, 1967; Mehrabian & Ferris, 1967]



Правило Мехрабиана

- Мехрабиан изучал когнитивные особенности при шизофрении. Его интересовало, есть ли связь между несогласованностью между вербальными и невербальными сигналами и шизофреническими тенденциями.

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) зависел 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)

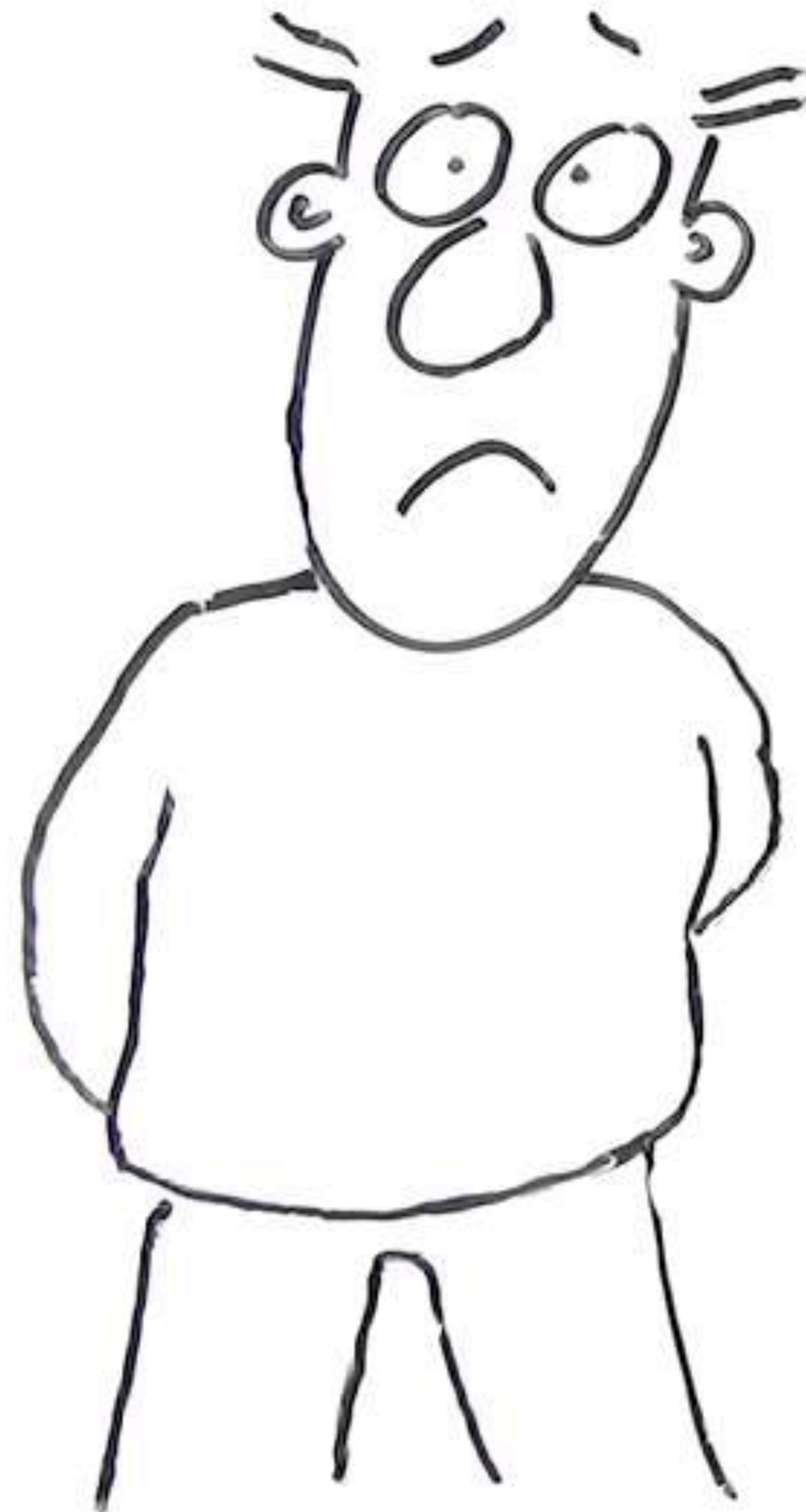
- Испытуемые: 25 человек участвовали в отборе нейтральных слов, 17 человек оценивали эффект лицевой и вокальной экспрессий, 20 человек участвовали в итоговом эксперименте (смесь каналов)
- Все 62 человека были студентками-психологами Калифорнийского университета...
- Mehrabian & Ferris, 1967

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~~

Невербальная коммуникация

- Лицо
- Тело
- Голос

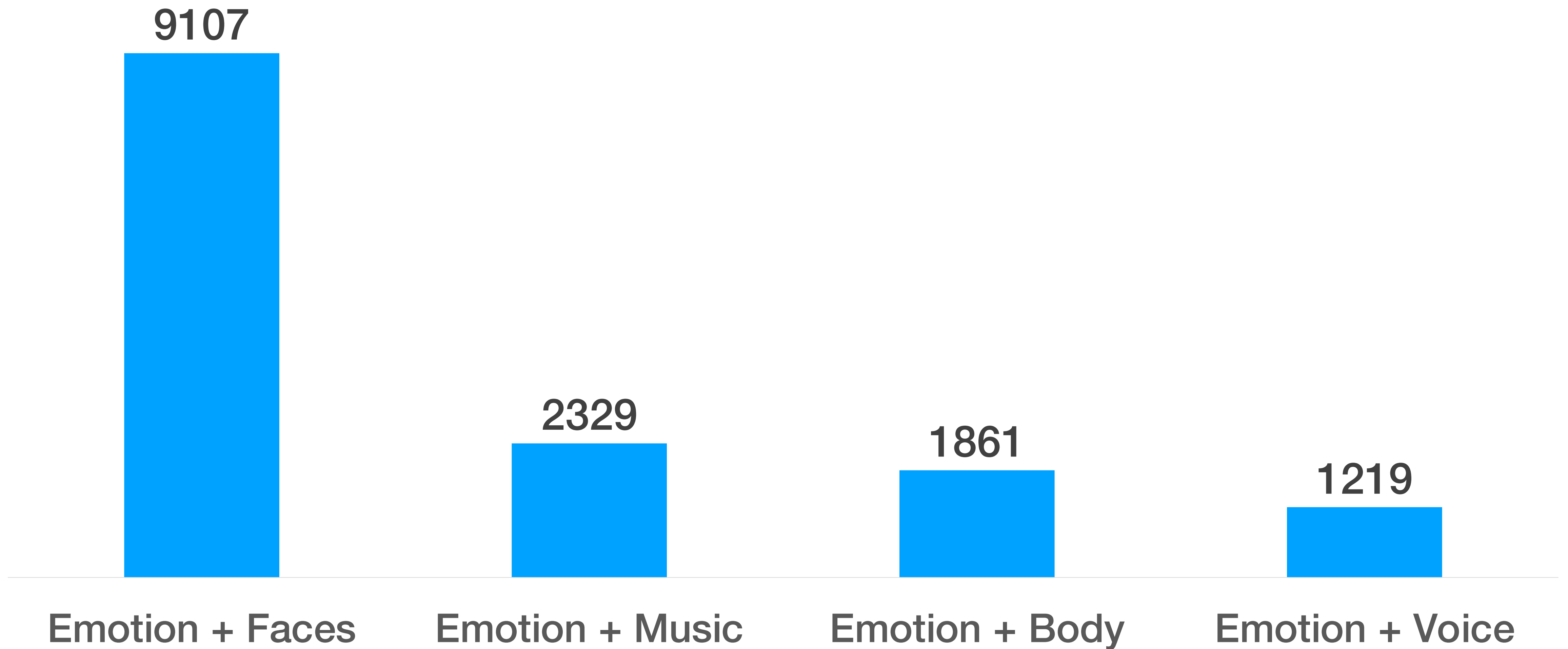
Невербальная коммуникация

- Лицо – в прошлый раз
- Тело – сегодня!
- Голос – в следующий раз

- 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.

PubMed, 2016





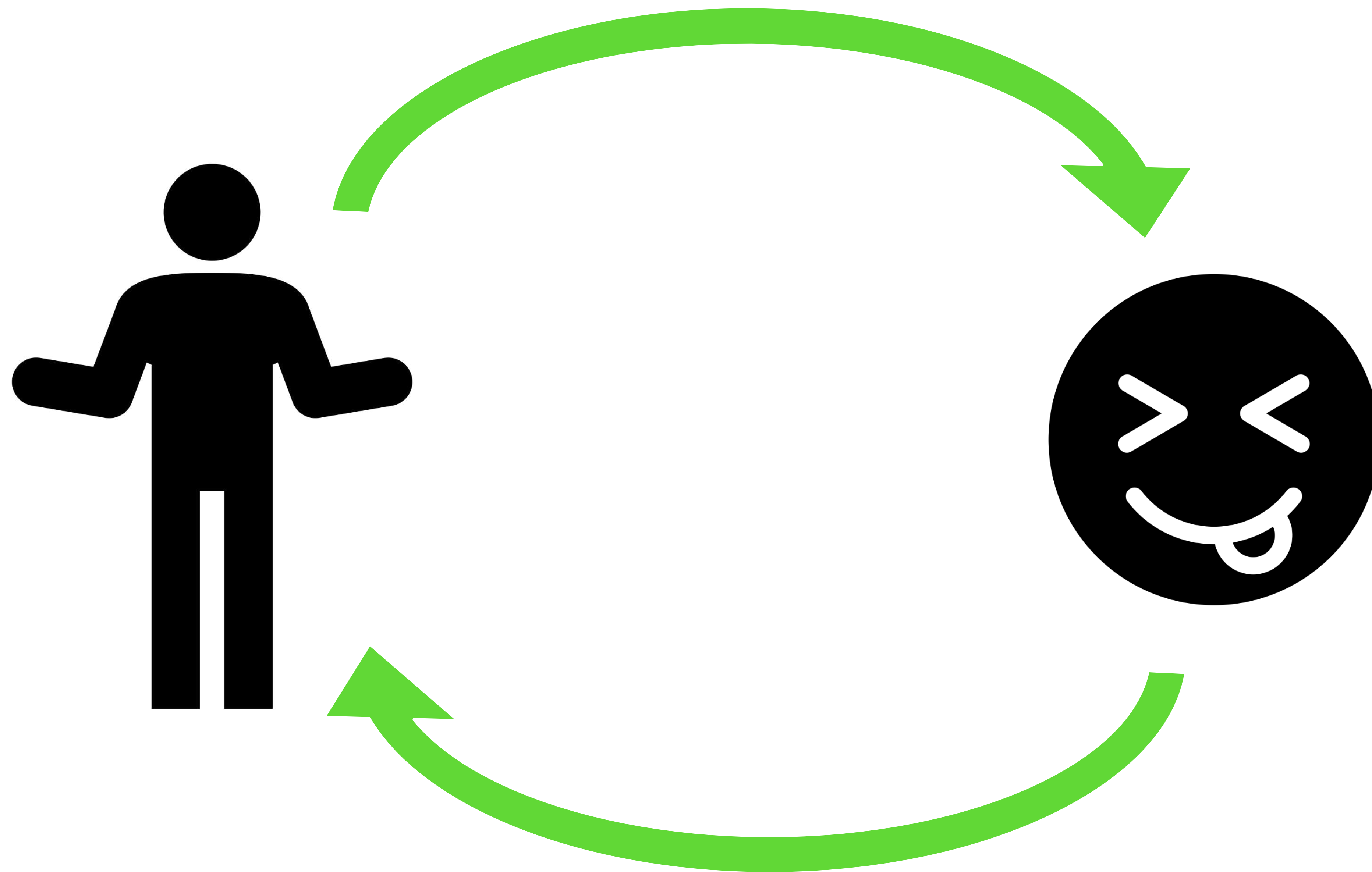


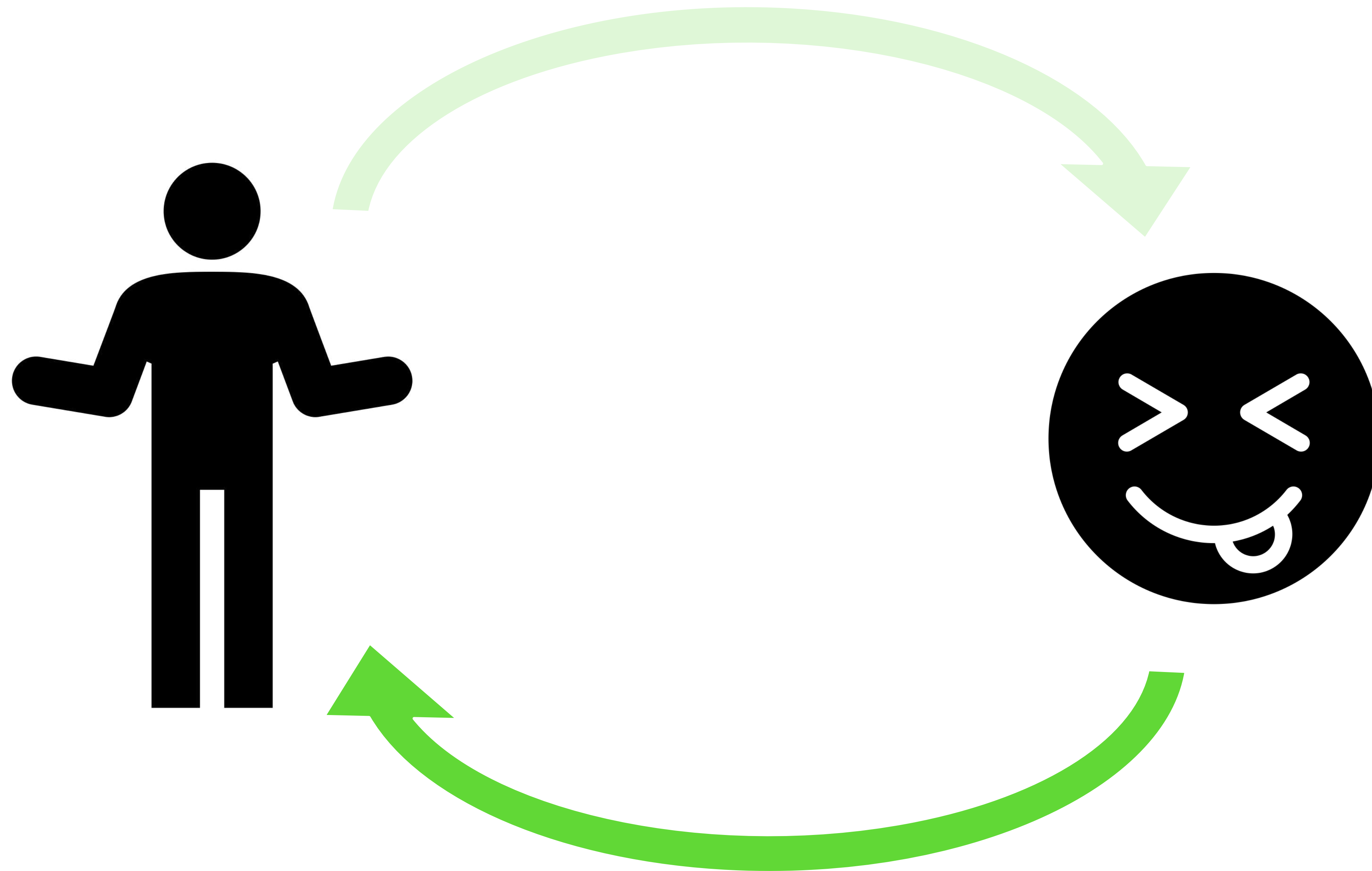












1. Невербальная коммуникация

2. Выражение эмоций с помощью тела (bodily communication of emotion)

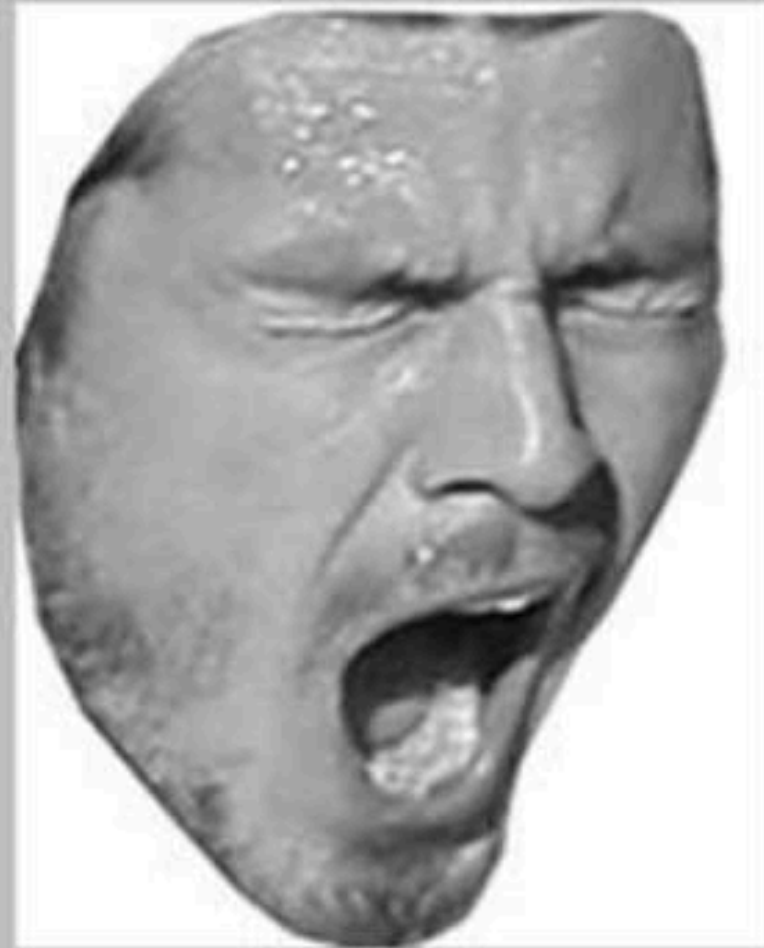
Эмоции -> тело

- 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]

Эмоции -> тело

- 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].

1



2



3



B

4



5



6



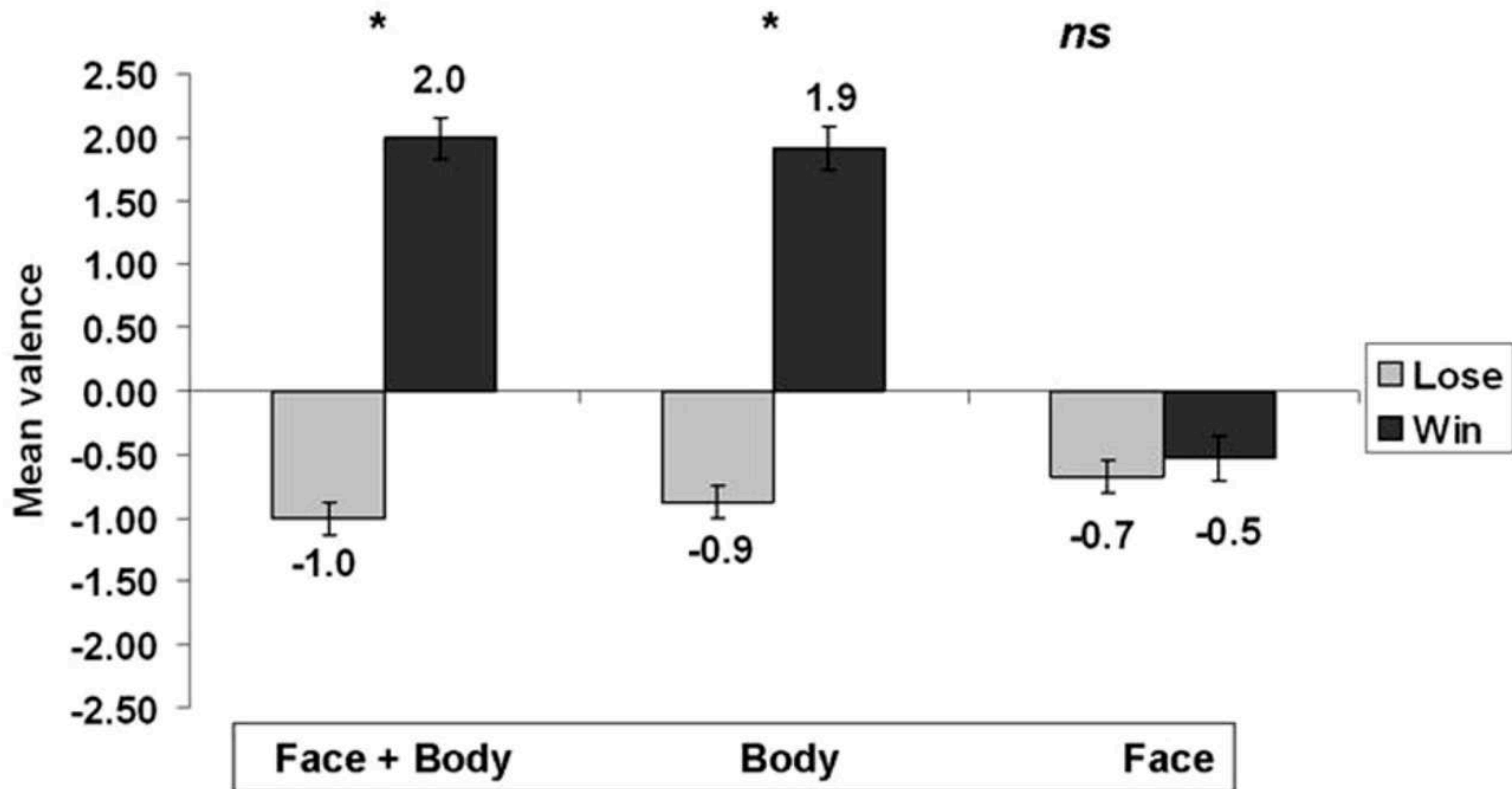
1



A

2





1



2



A

3



4



B

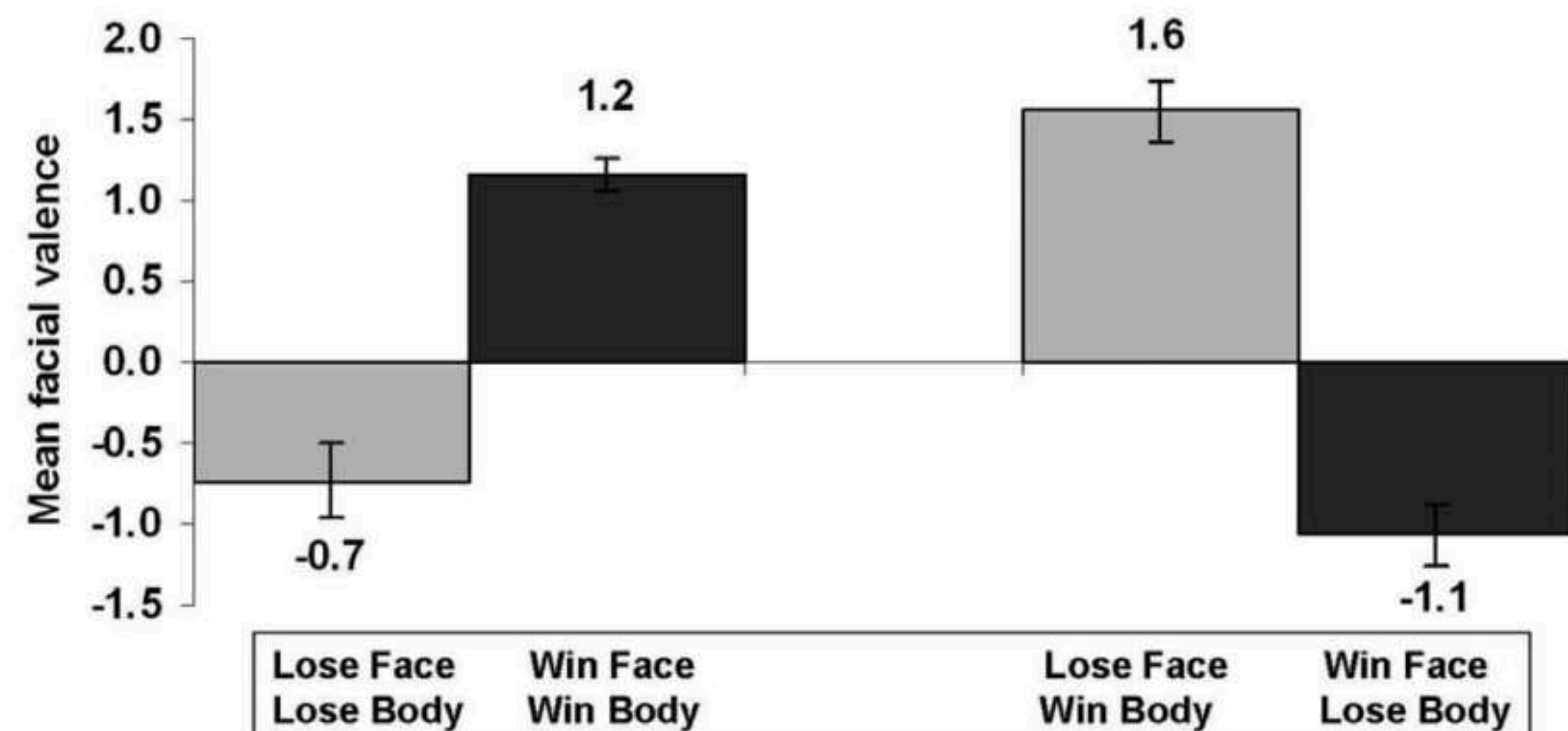


Fig. 2. Experiment 2. (A) Examples of original images of players (1) losing or (2) winning a point. The same faces combined with incongruent-valence bodies such as (3) a losing face on a winning body and (4) a winning face on a losing body. [All photos in Fig. 2 credited to a.s.a.p. Creative/Reuters] (B) Mean valence ratings of the facial expressions.

Типы движений

- **Коммуникативные движения** – широкий спектр движений, которые используем в повседневной жизни, и с помощью которых можем выразить эмоциональные состояния.
- Движение выбирается из «библиотеки» экспрессивных жестов и сопровождается уровнем модуляции.
- [Karg, M., et al., 2013].



Типы движений

- **Функциональные движения** – напрямую не связаны с выражением эмоций, служат выполнению задачи.
- Эмоции здесь могут проявляться только через модуляцию функциональных движений. Экспрессивность вторична.
- [Karg, M., et al., 2013].



Типы движений

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



Типы движений

- **Отсутствие движения** – эмоциональные состояния могут быть также переданы при помощи снижения количества движений (например, «застыть от ужаса»)
- [Karg, M., et al., 2013].





Форма [behavior types]



Качество [behavior qualities]

- Если есть информация и о **форме**, и о **качестве** движений (динамике), качество распознавания выше.
- Однако статические изображения тел, показывающие **только форму**, или **только качество** (например, динамическое изображение светящихся точек) также позволяют распознавать эмоции с вероятностью выше случайной [Atkinson et al., 2004; de Gelder & van den Stock, 2011; Tracy & Robins, 2007]
- При этом по **качеству** (динамике) распознавать получается лучше, чем по **форме** [de Gelder].

Радость

- Несколько **форм** движений были идентифицированы как передача радости или счастья: движение тела вверх (то есть руками, туловищем или плечами), наклон головы вверх, раскрытие рук, экспансивные телесные проявления и прыжки (например, Atkinson et al., 2004; Coulson, 2004; de Meijer, 1989).
- **Качество** движений также важно для проявления счастья; эти движения, как правило, быстрые и энергичные (Dael et al., 2013).
- Некоторые виды телесного поведения, связанные со счастьем (например, экспансивность), пересекаются с поведением, которое выражает **гордость**.

Гордость



Fig. 3. Pride expression in response to victory shown by a sighted (*left*) and congenitally blind (*right*) athlete.

Грусть/печаль

- **Формы** движений включают опущенные плечи и сжатие верхней части тела, наклон головы вниз, руки впереди тела и голова, обхваченная руками (Parkinson et al., 2017; Sawada et al., 2003; Wallbott & Scherer, 1986).
- **Качество** движений, как правило, медленное и включает меньше движений.

Стыд/смушение

- Утверждается, что **лицевых экспрессий недостаточно** для распознавания этой эмоции (Tracy & Robins, 2007), телесные проявления важнее лицевых при выражении стыда и смущения (App et al., 2011; Tracy & Matsumoto, 2008; Tracy et al., 2009).
- Спортсмены-дзюдоисты олимпийского уровня из многих стран спонтанно демонстрировали наклоненную вниз голову, опущенные плечи и суженную грудь после поражения в матче - по-видимому, испытание сильного стыда.
- Суженная грудь и опущенные плечи демонстрировались даже слепыми от рождения спортсменами, поэтому маловероятно, что выражение стыда - это выученная реакция на неудачу. Однако эти слепые спортсмены не демонстрировали наклон головы вниз,

Эмоции -> тело: ограничения

- Хотя в различных исследованиях были найдены взаимосвязи между телесными выражениями и эмоциями, эти телесные выражения пересекаются для разных эмоций.

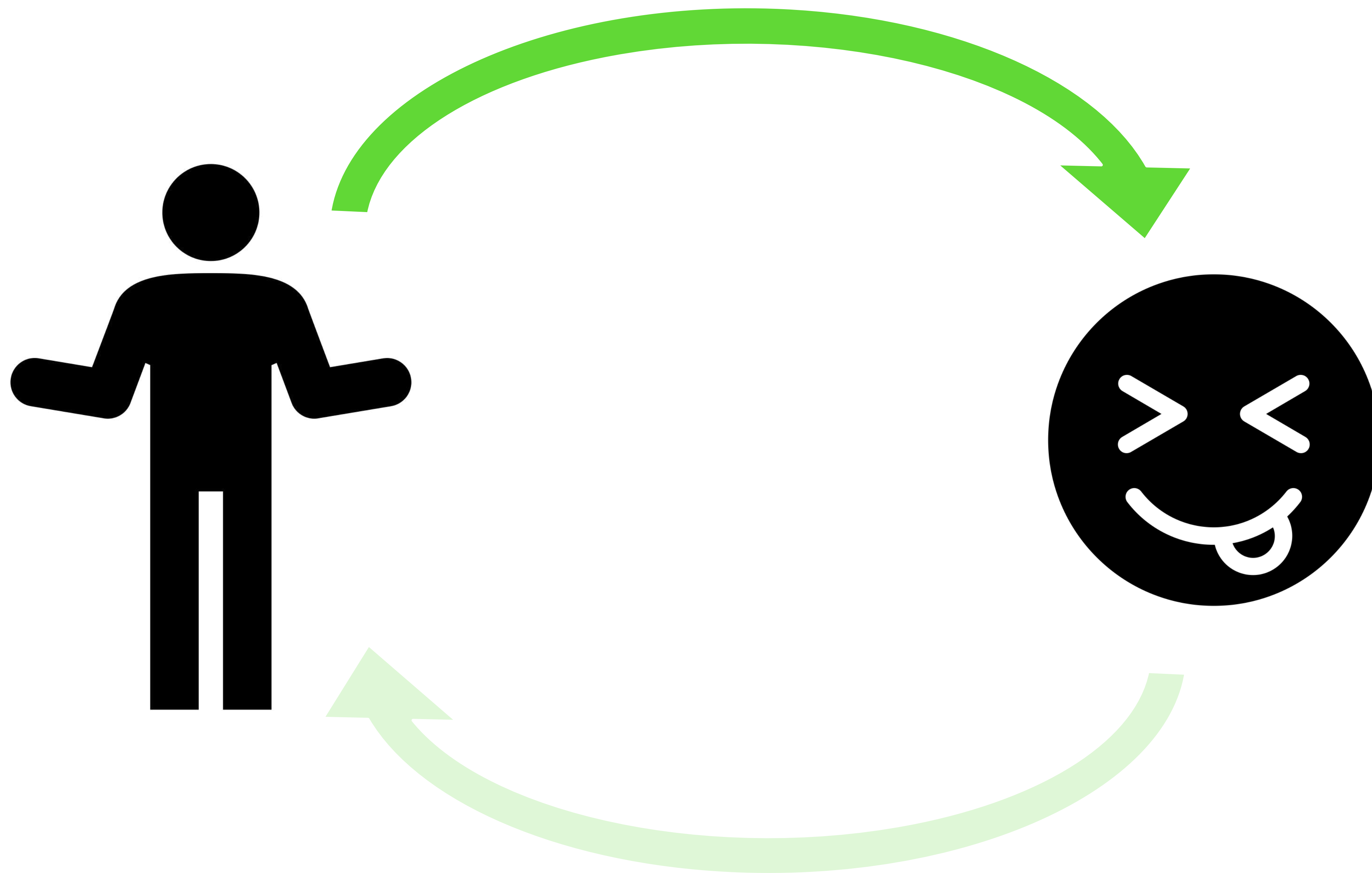
Эмоции -> тело: ограничения

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

Эмоции -> тело: ограничения

- 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.

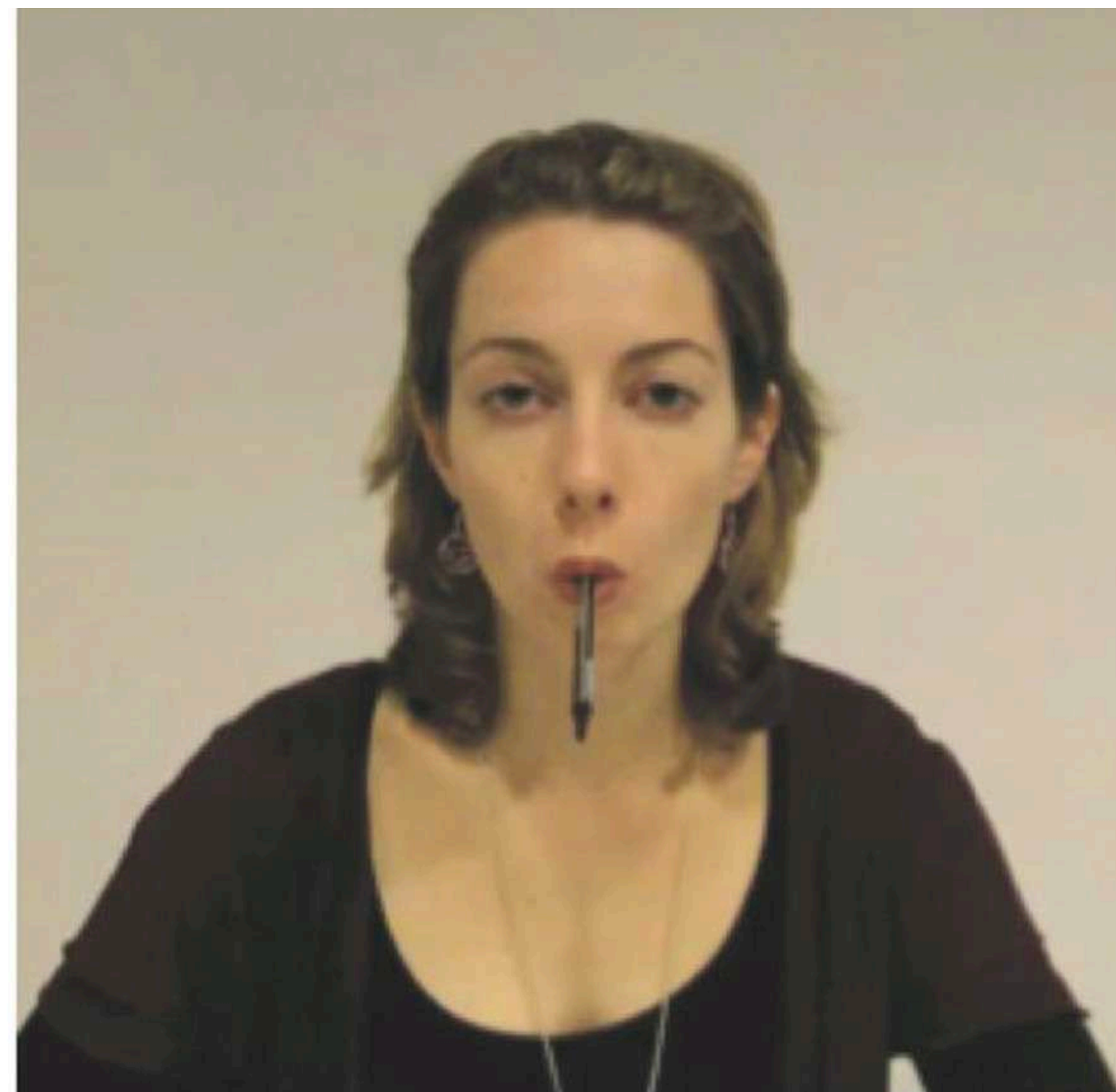
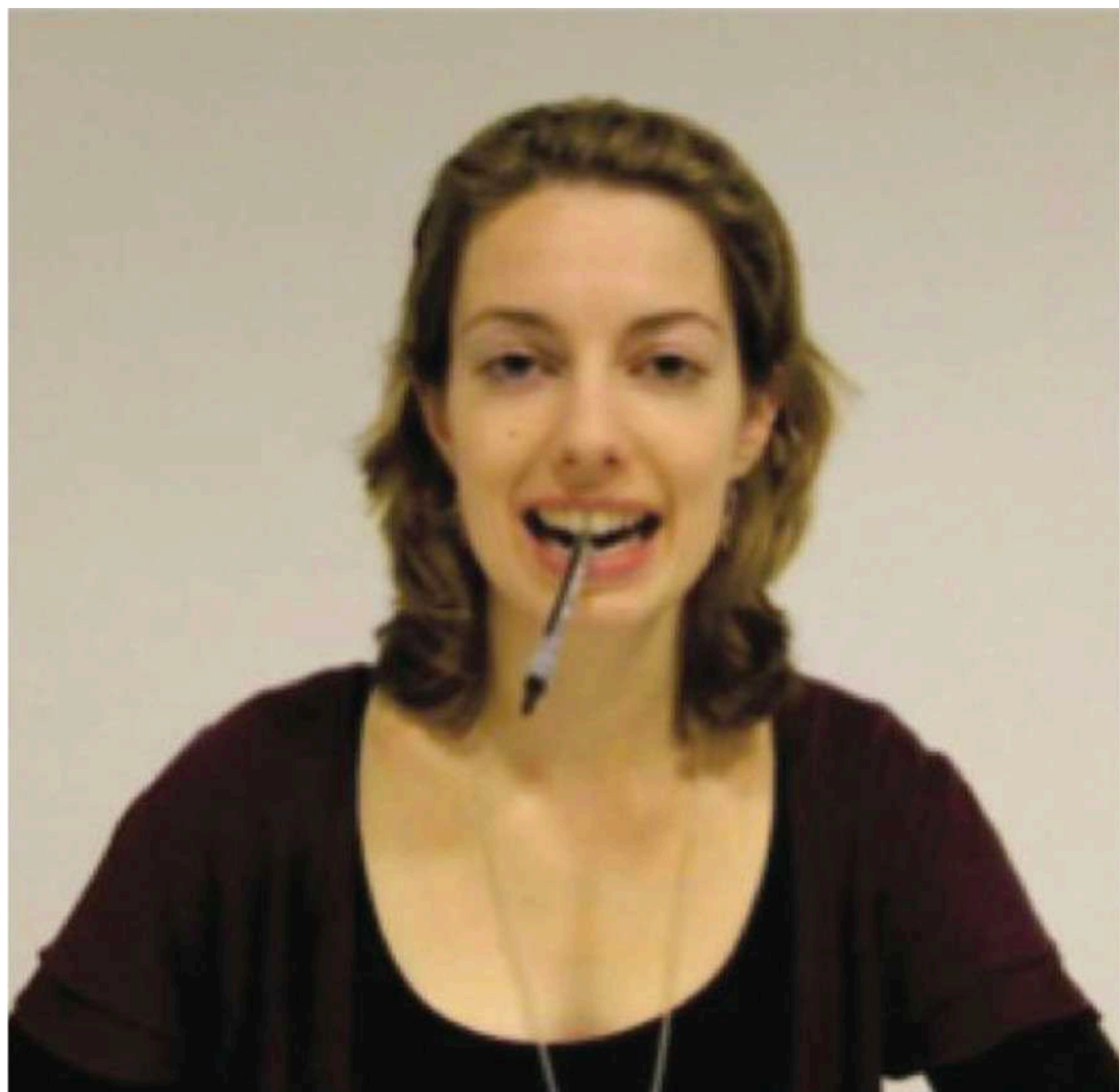
1. Невербальная коммуникация
2. Выражение эмоций с помощью тела (bodily communication of emotion)
3. Влияние тела на эмоции



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

Тело -> ЭМОЦИИ



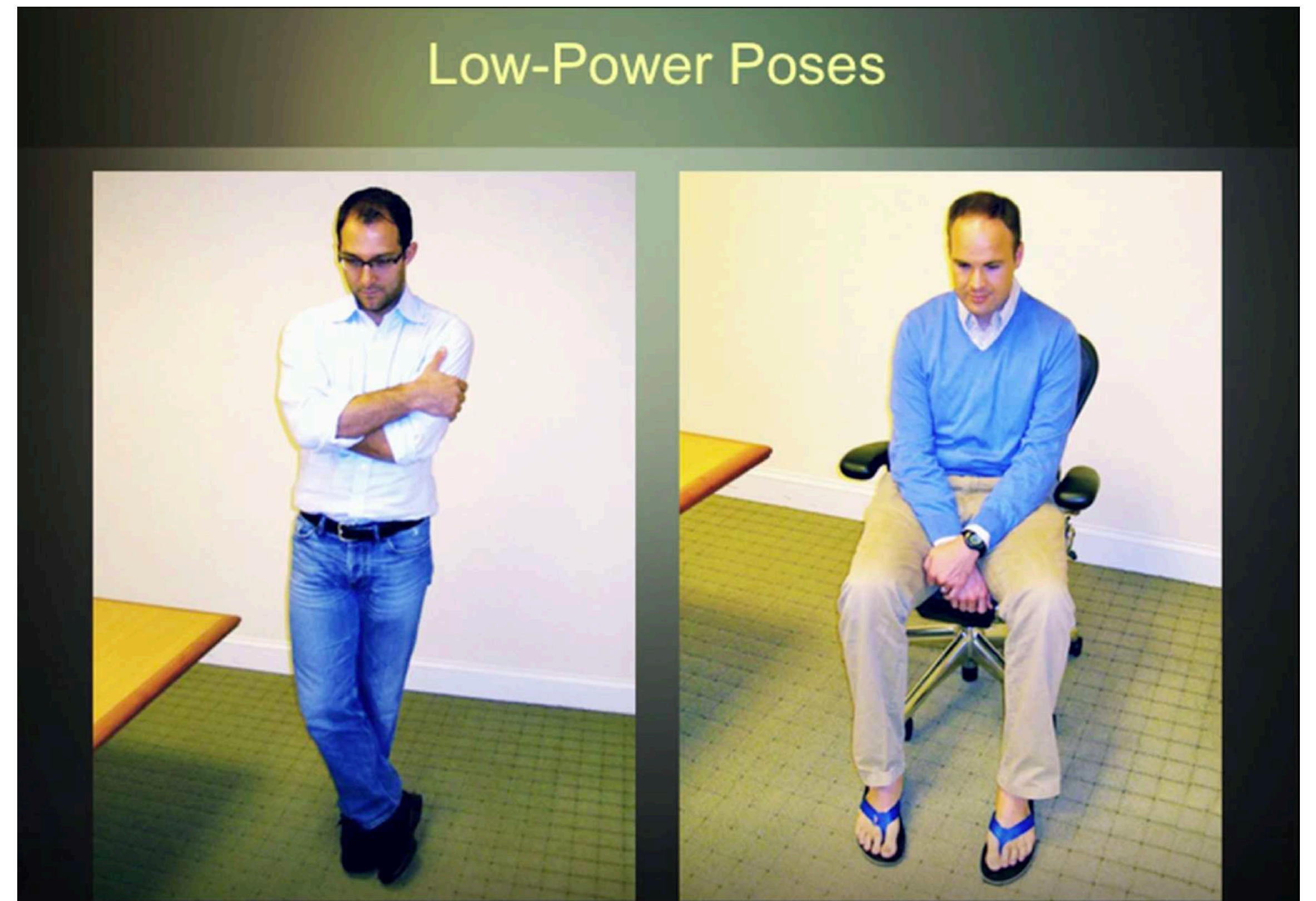
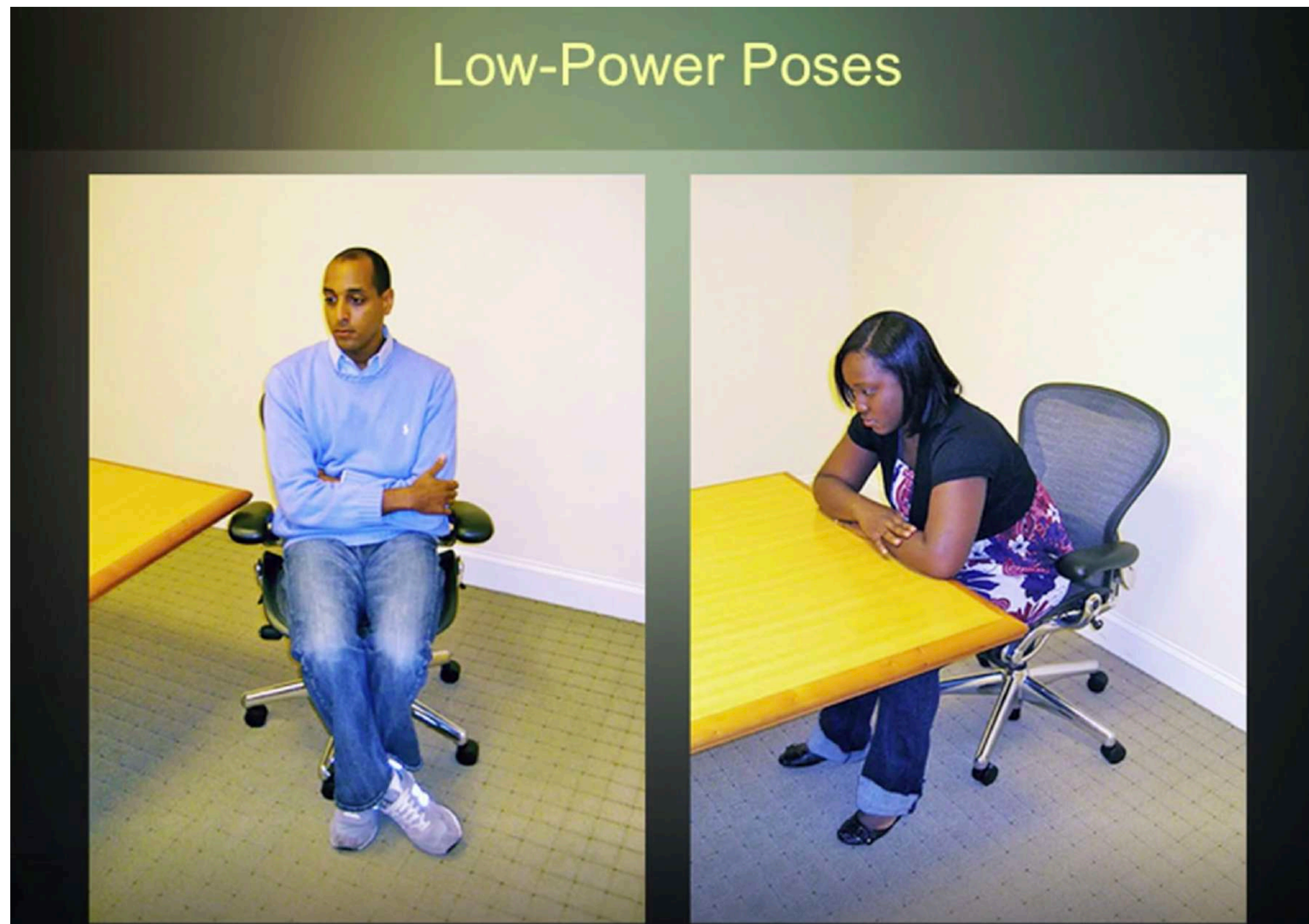
Strack, Martin & Stepper, 1988

Тело -> ЭМОЦИИ



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

Тело -> ЭМОЦИИ

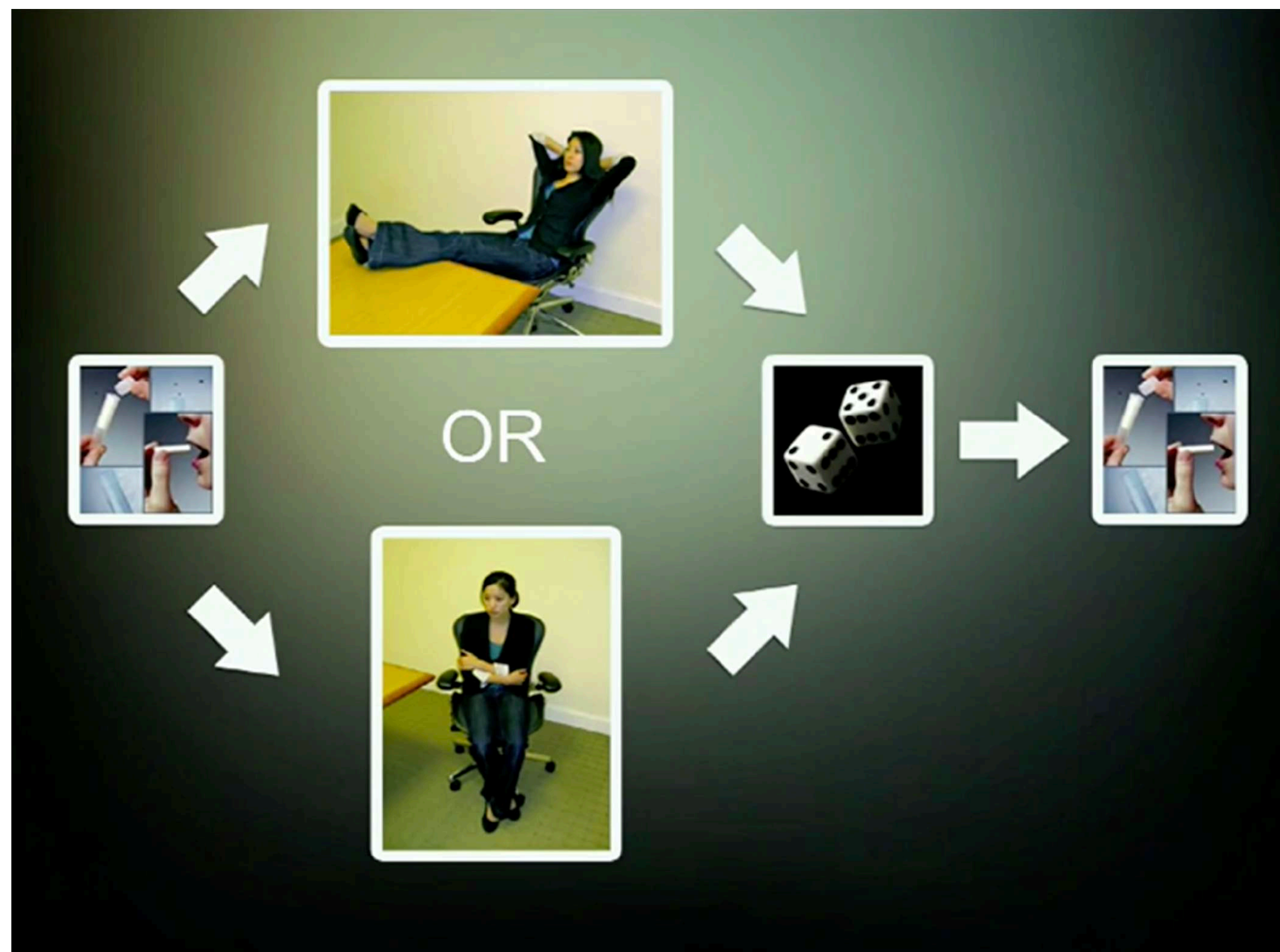


D. R. Carney , A. J.C. Cuddy , A. J. Yap, 2010

- 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.
- Брели образцы слюны (тест на кортизол и тестостерон) до и через 17 минут после поз.

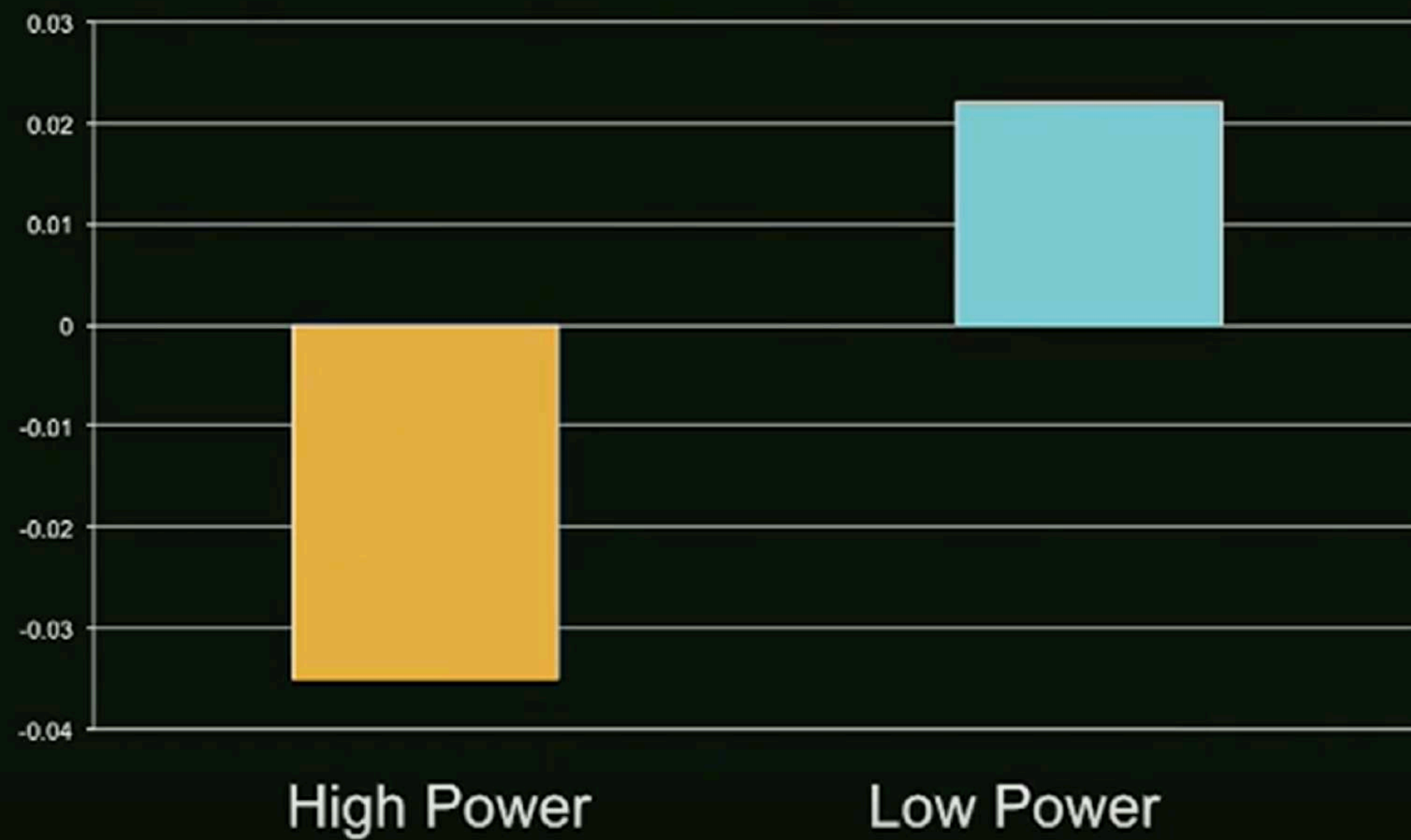
D. R. Carney , A. J.C. Cuddy , A. J. Yap, 2010

Тело -> ЭМОЦИИ

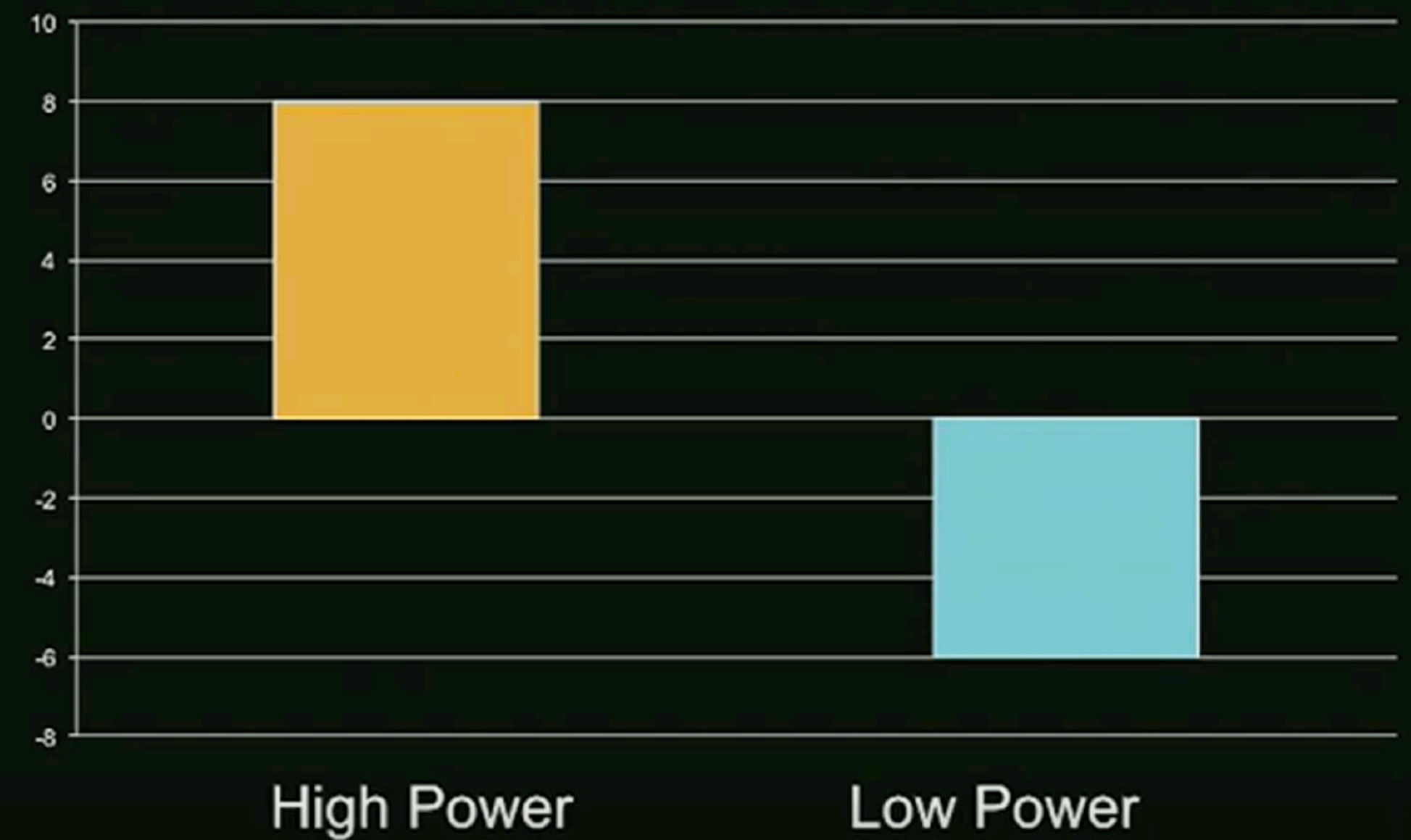


Тело -> ЭМОЦИИ

Cortisol Change (pg/ml)



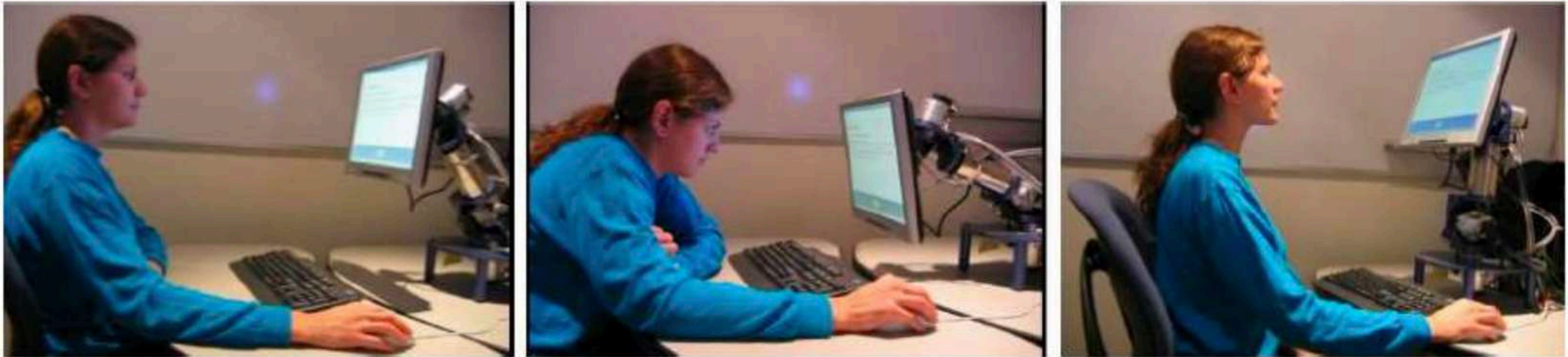
Testosterone Change (pg/ml)





Idea: shape the body to shape emotion

- Explore if computer's "posture" influences its user's posture
- Determine if interaction of user's posture with their affective state leads to improved persistence in problem solving



- Users adjusted posture as they performed the tasks
- And solved more problems when they were upright

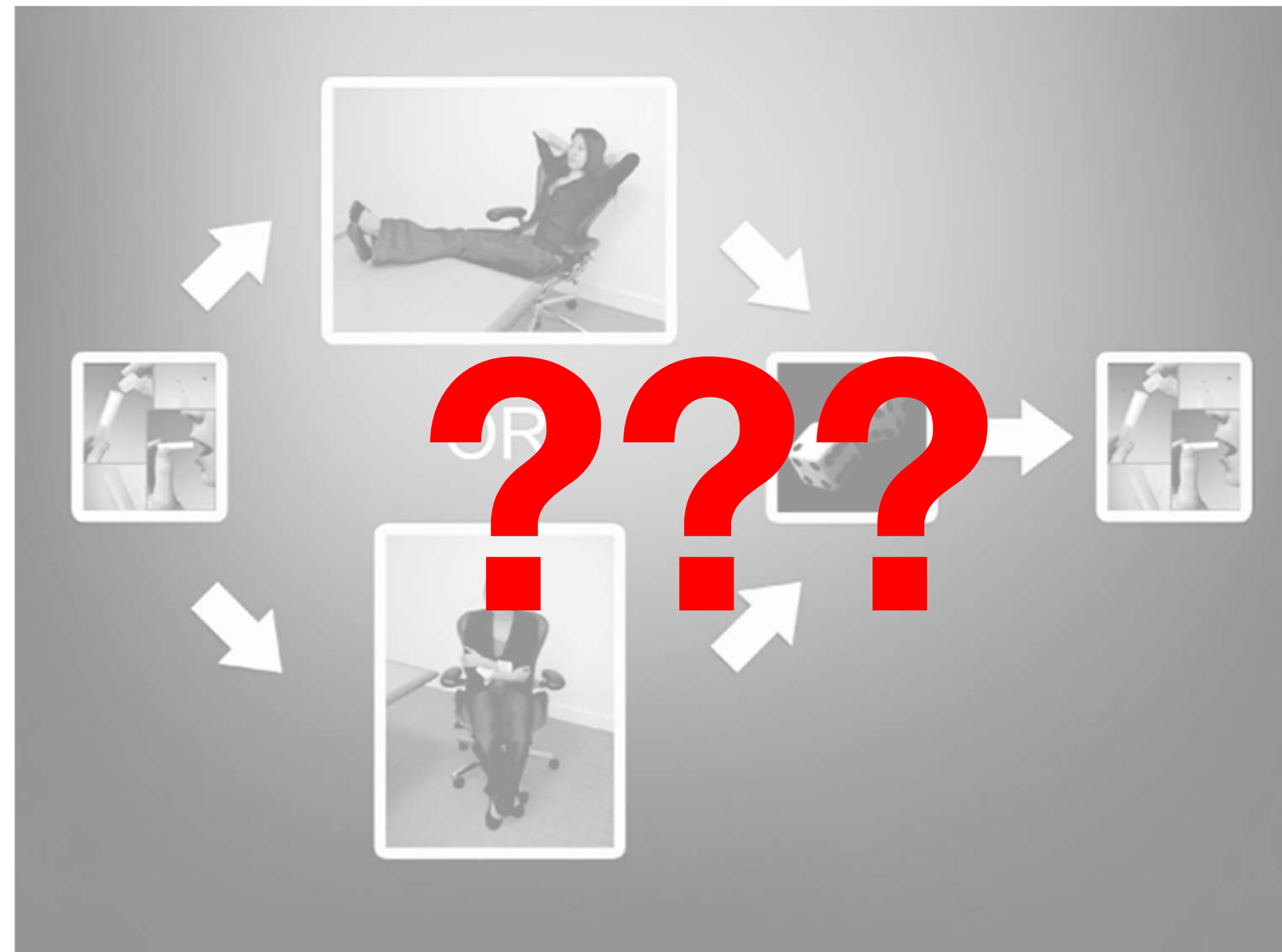
Stoop to Conquer: Posture and Affect Interact to Influence Computer Users' Persistence
Hyung-il Ahn, Alea Teeters, Andrew Wang, Cynthia Breazeal, Rosalind Picard

Оригинальное исследование не было реплицировано!



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

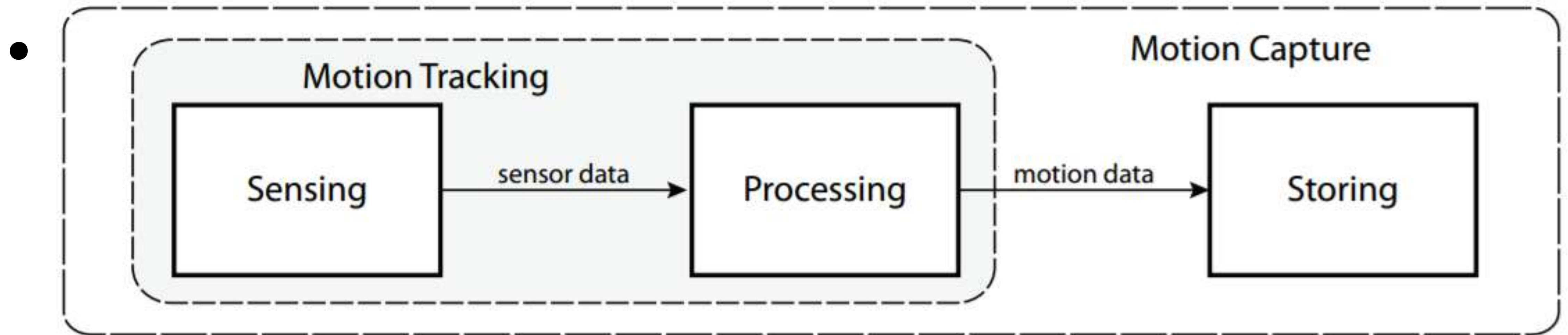
Оригинальное исследование не было реплицировано!



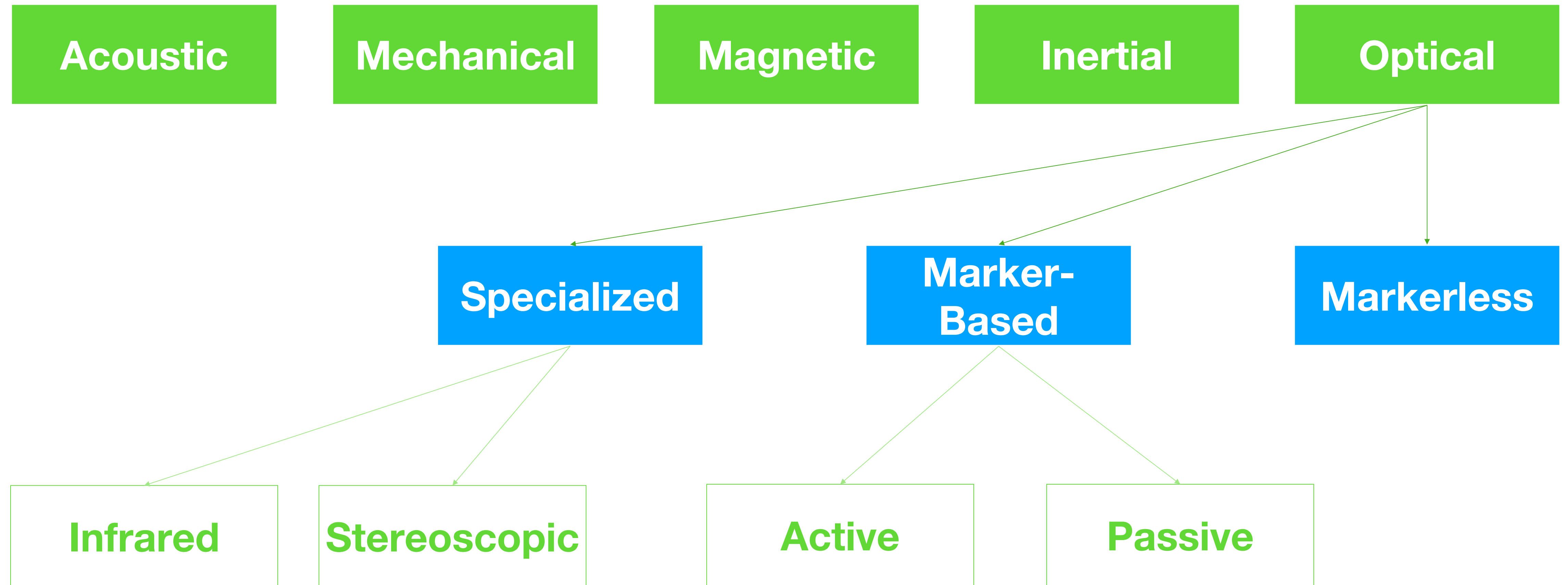
Ranehill et al., 2015; Garrison et al., 2016

1. Невербальная коммуникация
2. Выражение эмоций с помощью тела (bodily communication of emotion)
3. Восприятие эмоций по телесным выражениям
4. Motion tracking

Motion capture (mocap) & Motion tracking

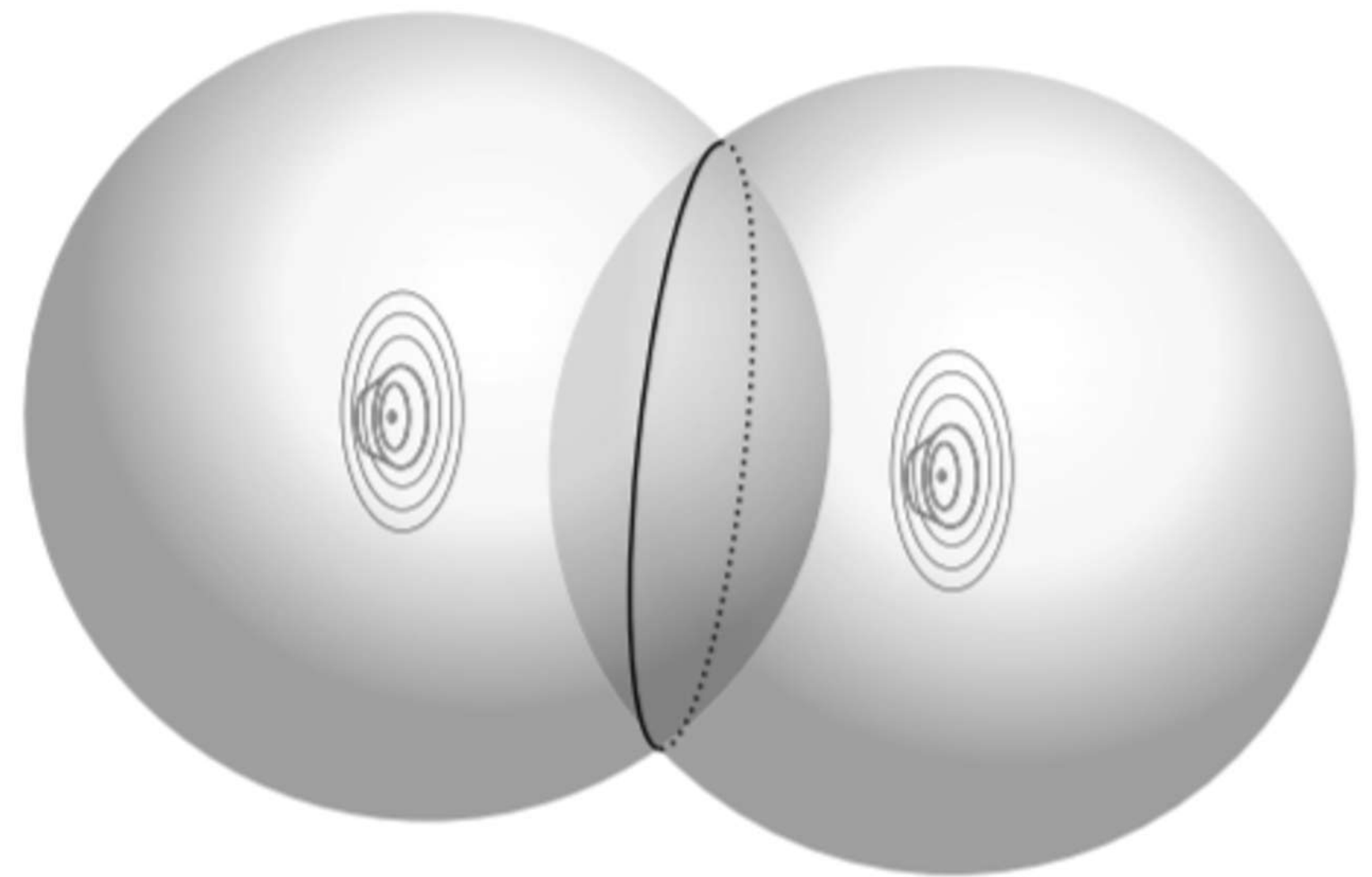


Tracking Types



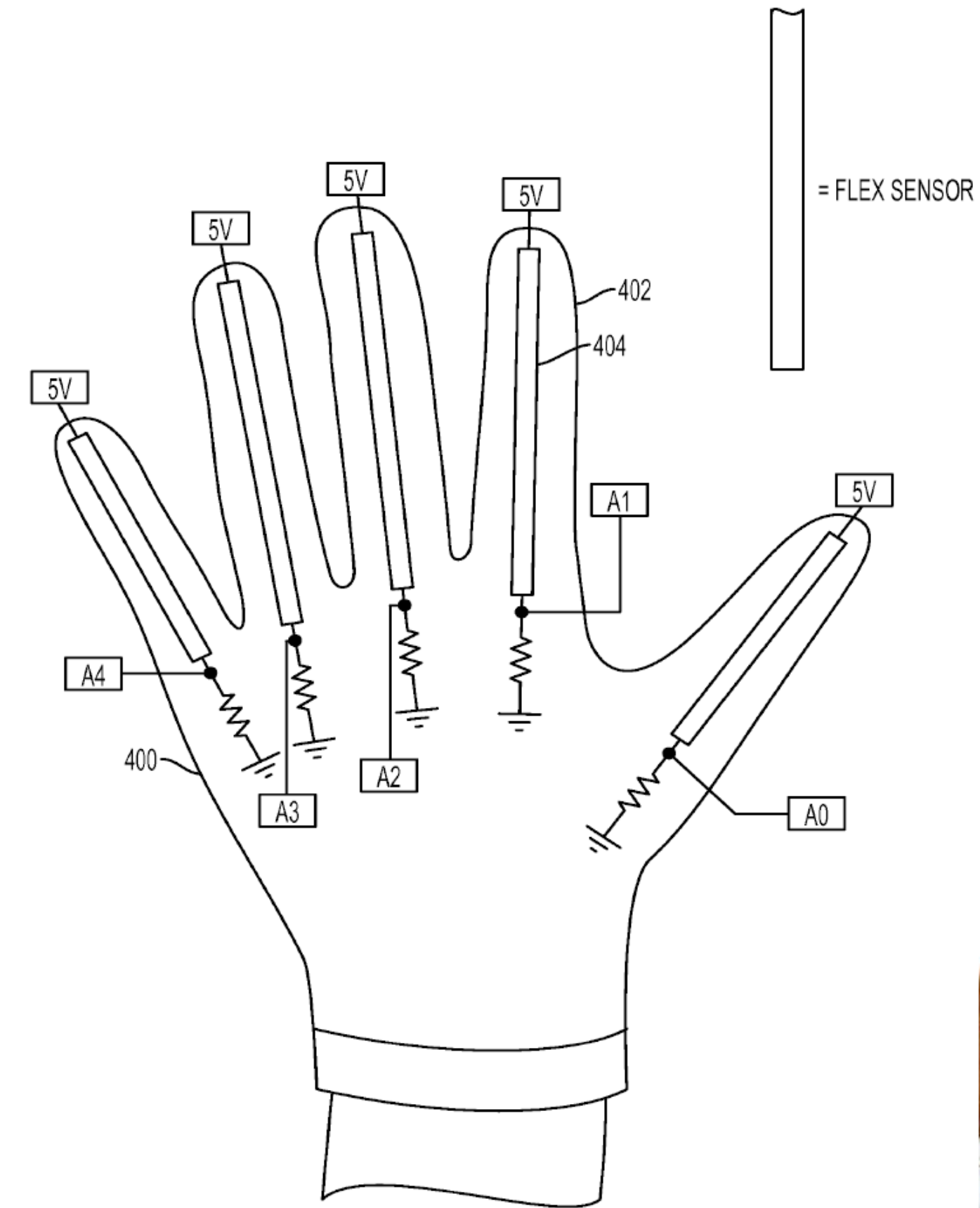
Акустический трекинг

- = Ультразвуковой трекинг
- Система рассчитывает положение точки по длине волны акустического сигнала и скорости звука.
- Измеряют время между отправкой сигнала от передатчика и его приемом.



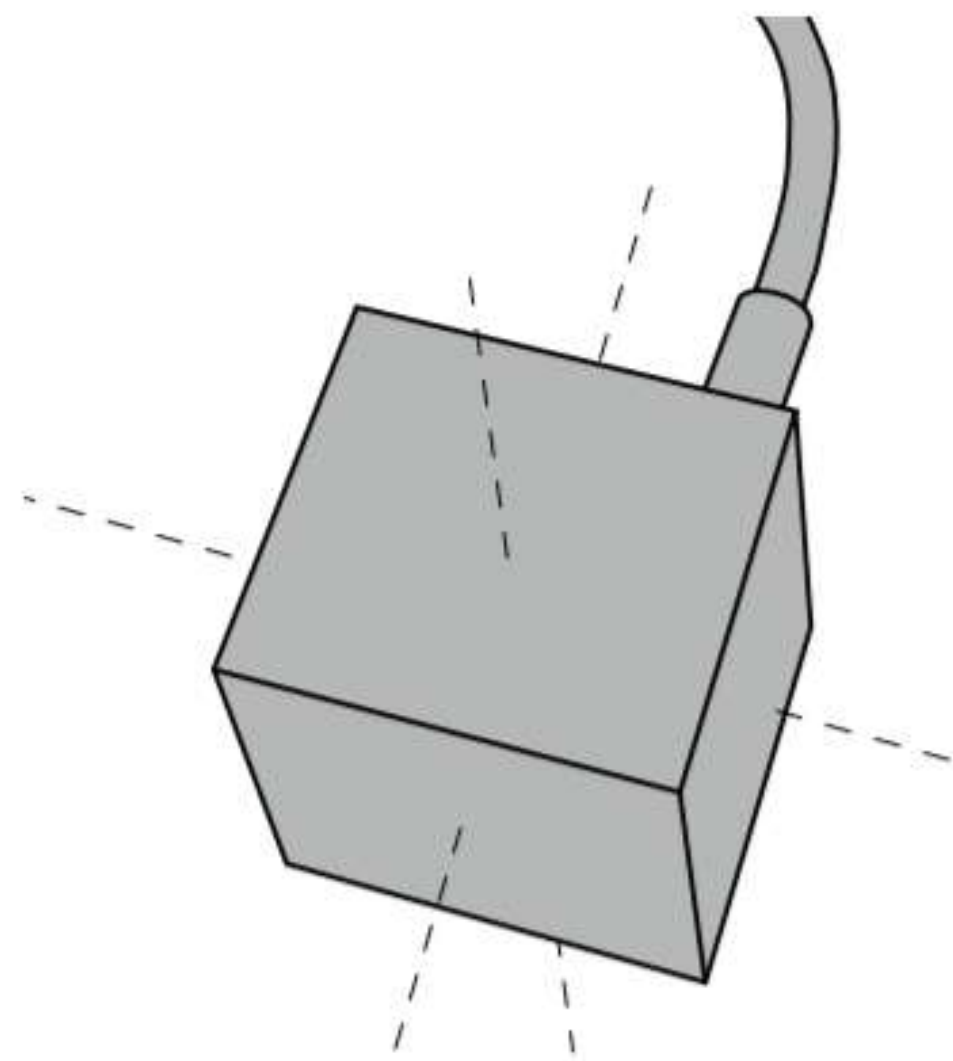
Механический трекинг

- Сенсоры сжатия: измеряют углы между механическими частями
- Нет абсолютного положения в

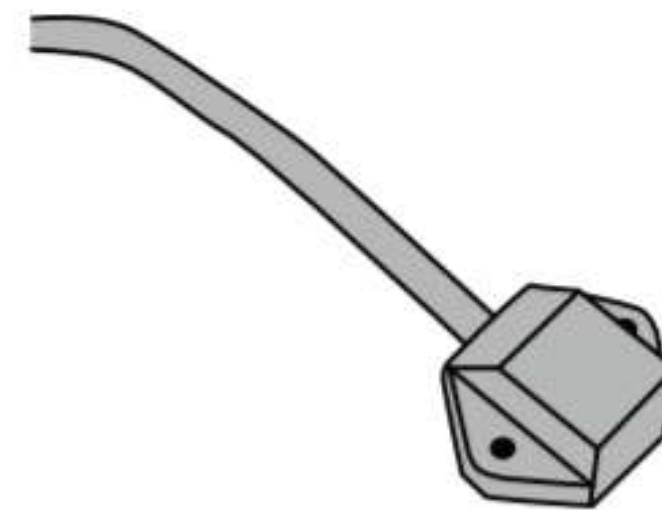


Магнитный трекинг

- Основан на принципе электромагнитной индукции, который объясняет, как электрический ток индуцируется в катушке, когда она перемещается в магнитном поле.



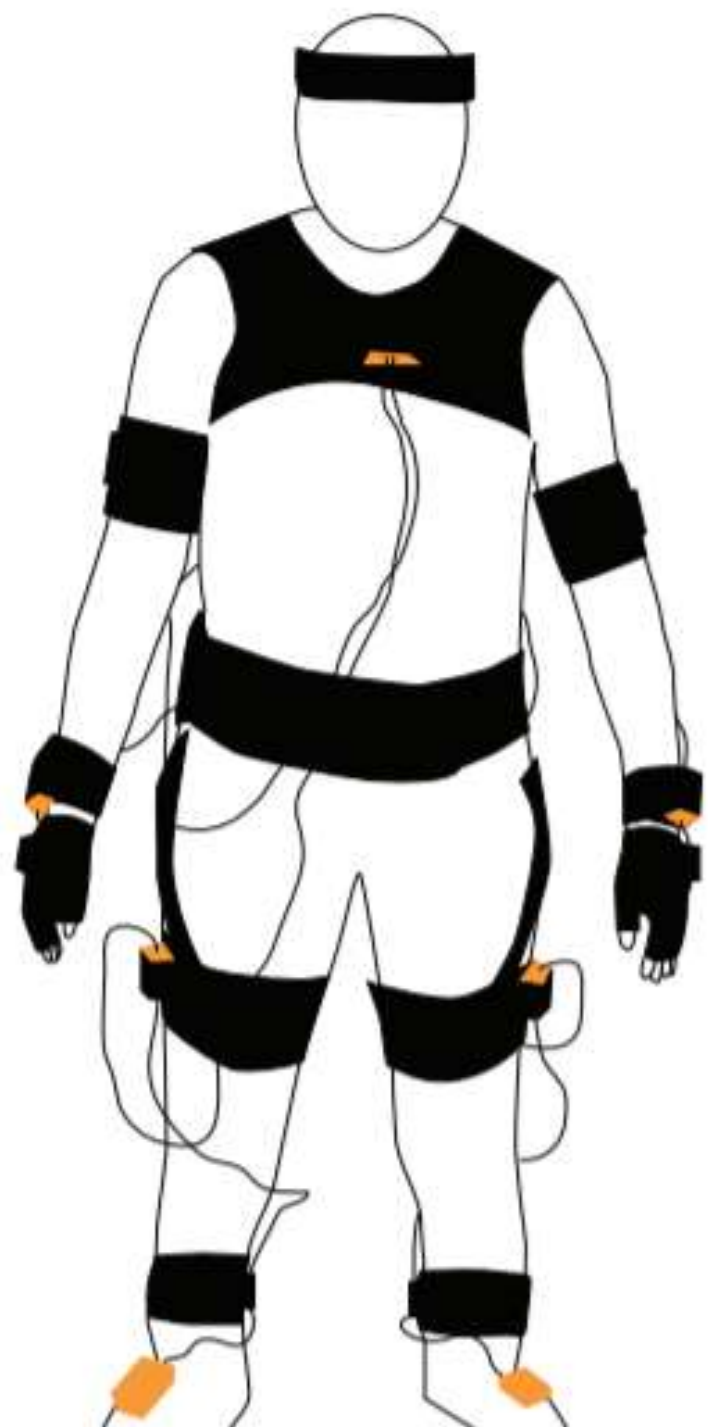
Source, sequentially setting up three perpendicular magnetic fields



Sensor, containing three perpendicular coils where voltages are induced by the magnetic fields from the source

Инерциальный трекинг

- Основан на акселерометрах и гироскопах. Эти сенсоры основаны на физическом принципе инерции.
- Акселерометр измеряет ускорение
- Гироскоп реагирует на изменение углов ориентации тела

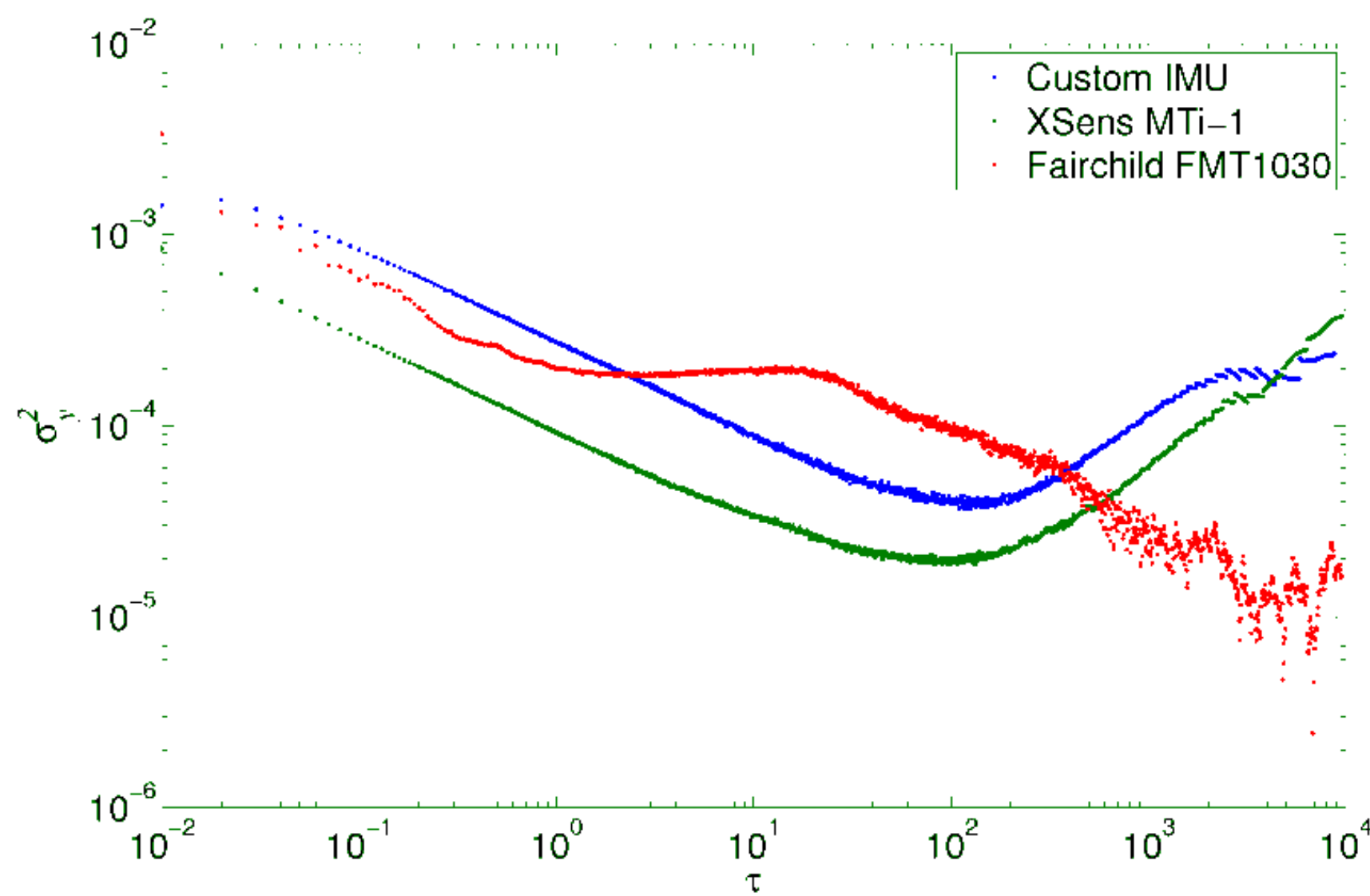


The Xsens suit consists of 17 MTx sensors combining inertial sensors and magnetometers. Full body motion capture is obtained through the use of a kinematic model.

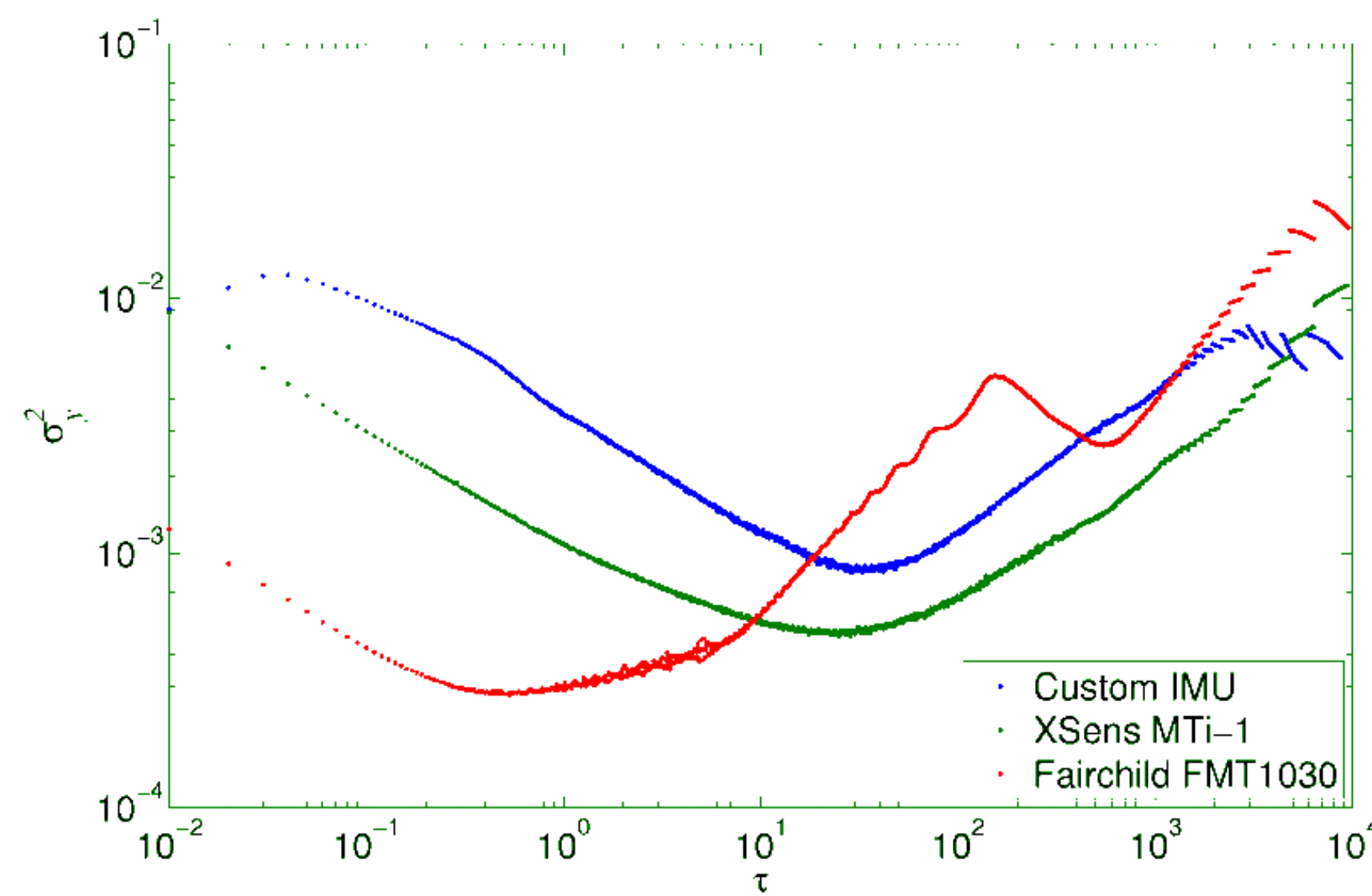
Инерциальный трекинг: преимущества

- Не требуют внешних источников (как акустический или магнитный).
- Сенсоры основаны на физическом законе, который не зависит от таких внешних факторов, как магнитные свойства объектов и условия освещения.
- Сенсоры маленькие и легкие (можно встраивать в носимые гаджеты).
- Система имеет маленькую латентность и может быть использована с высокой частотой дискретизации (sampling rate).

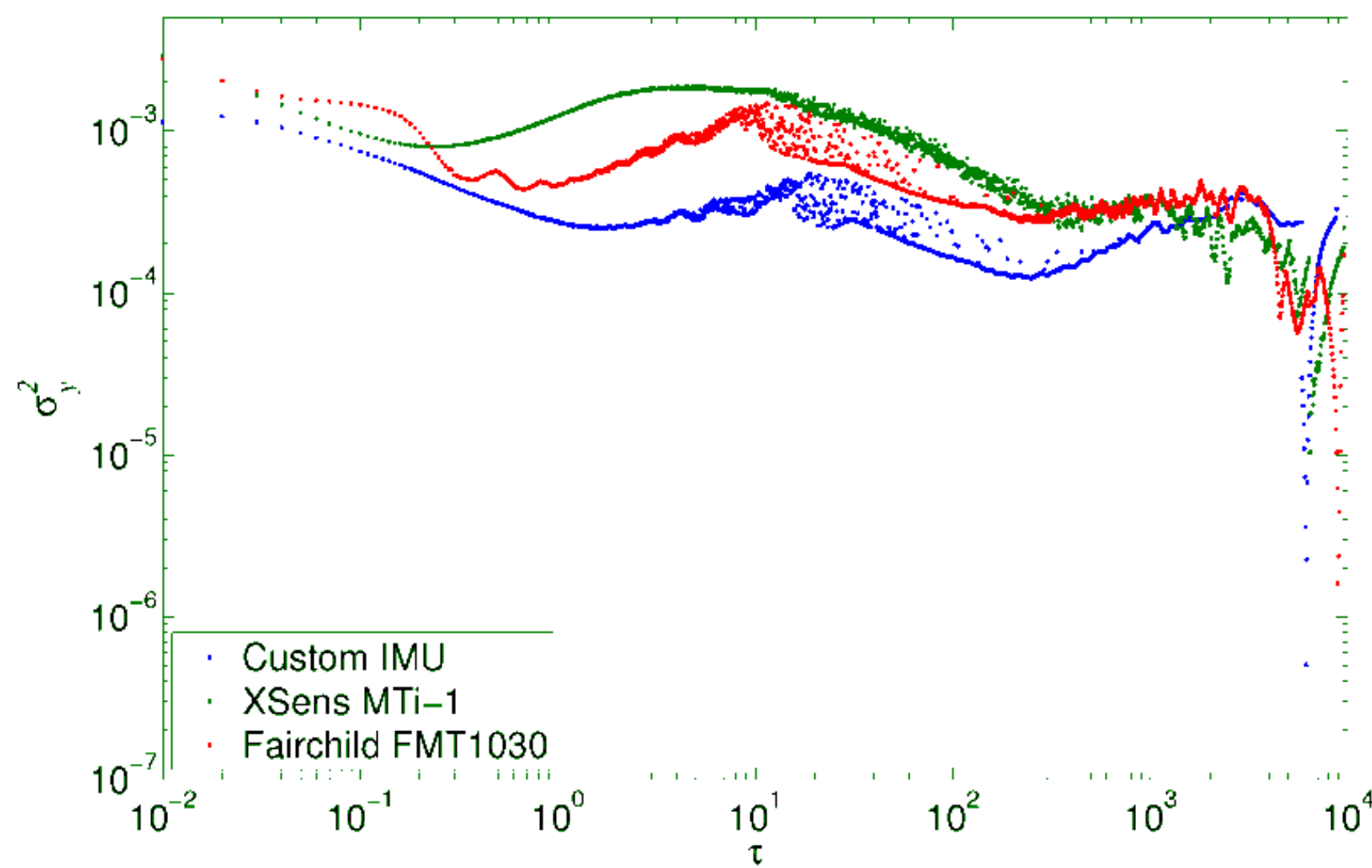
Inertial Tracking: Drift



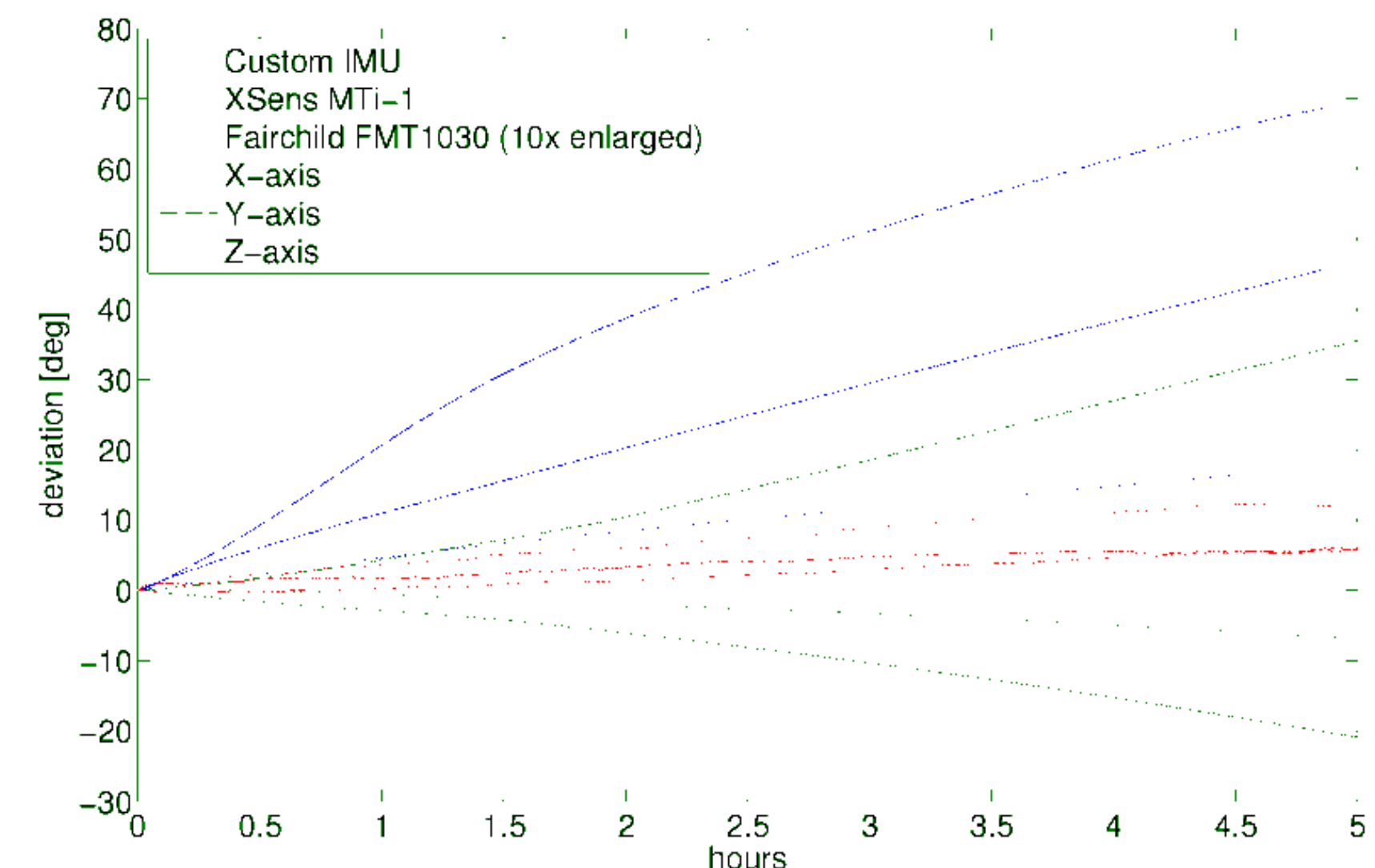
(a)



(b)



(c)



(d)

- Static experiment results: representative Allan variances for the tested IMUs: (a) gyroscopes; (b) accelerometers; (c) magnetometer (for yaw axis-Z); (d) drift resulting from gyroscope integration.

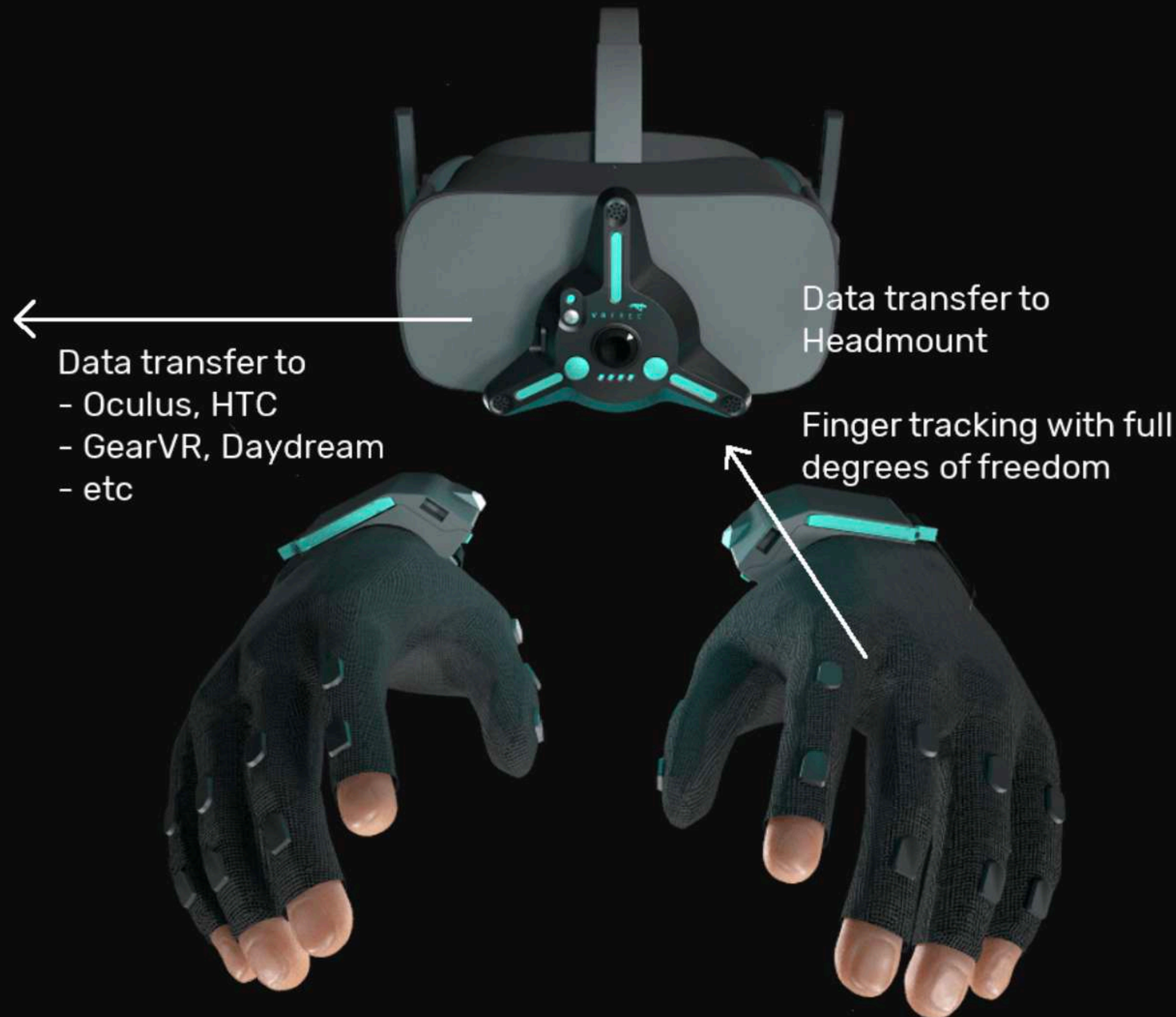
- Szczęsna A. et al. Inertial Motion Capture Costume Design Study //Sensors. – 2017. – T. 17. – №. 3. – C. 612.

Axis Neuron

- 3-axis accelerometer, 3-axis gyroscope sensor and 3-axis magnetometer
- Calculated orientation (quaternion)
- Dimension: 12.5mm*13.1mm*4.3mm
- Weight: 1.2 gram



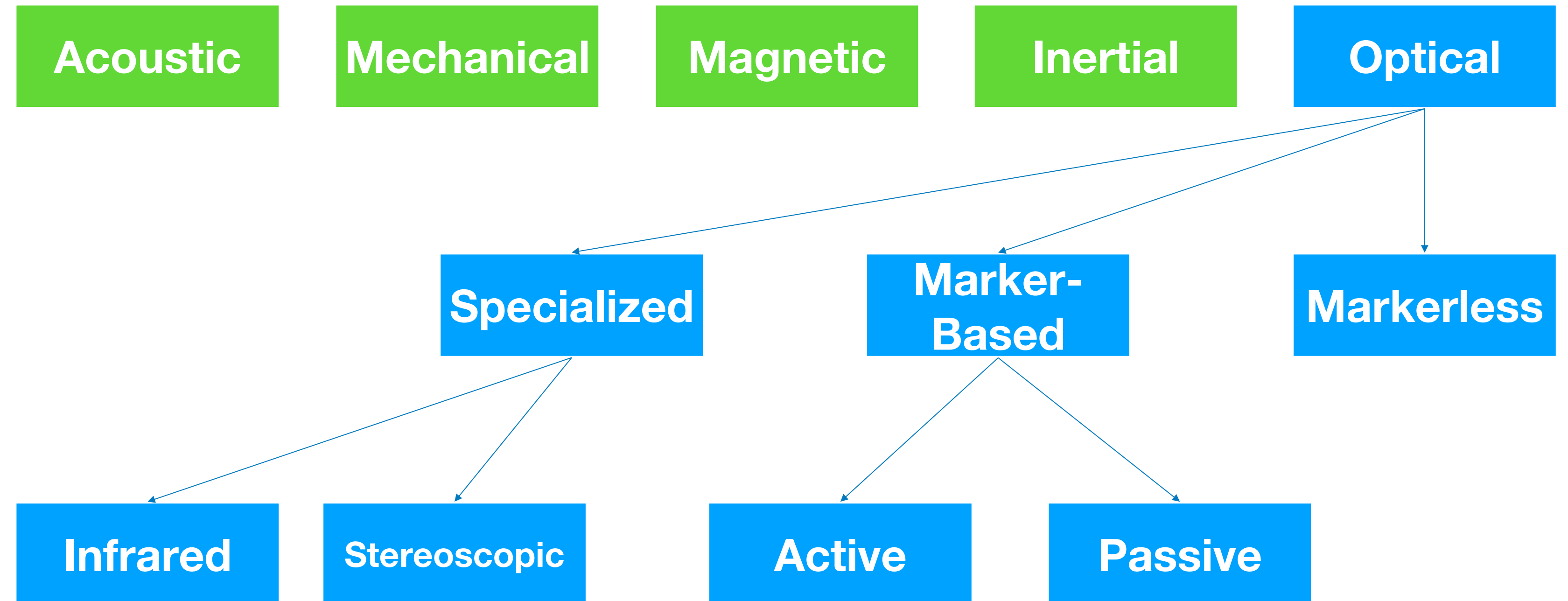
Sensoryx



The VRfree glove system in contrast deploys multiple inertial measurement units (IMU) on finger segments, capable to measure their full 3D orientation.

Using in-house developed, hardware accelerated sensor fusion algorithms, the VRfree glove is capable of precisely tracking full hand gestures at high frame rates and low latency.

Оптический трекинг



- Regular video cameras
- Infrared (IR) video cameras
- Depth cameras

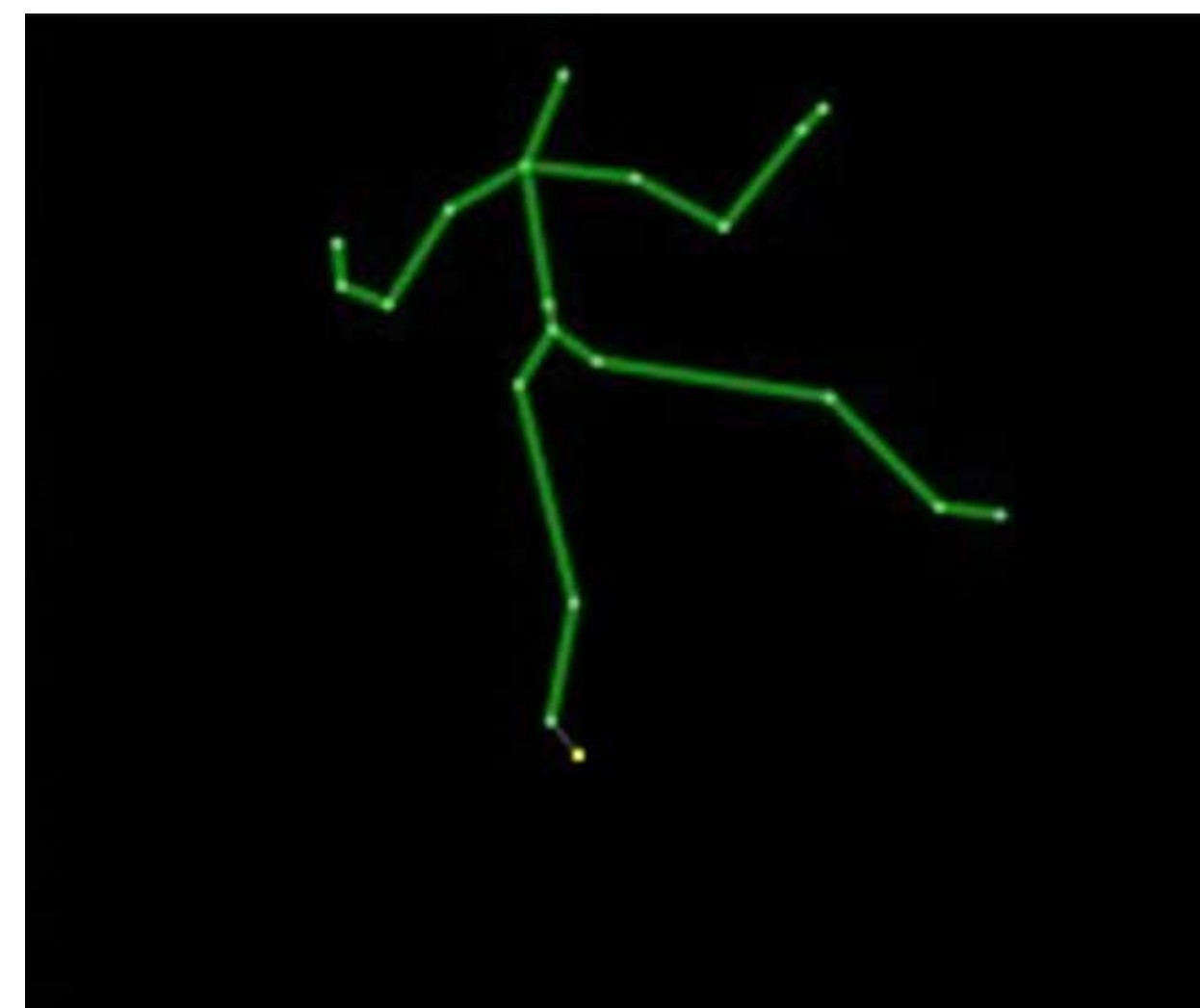
Оптический трекинг: Depth (IR)

- Microsoft Kinect

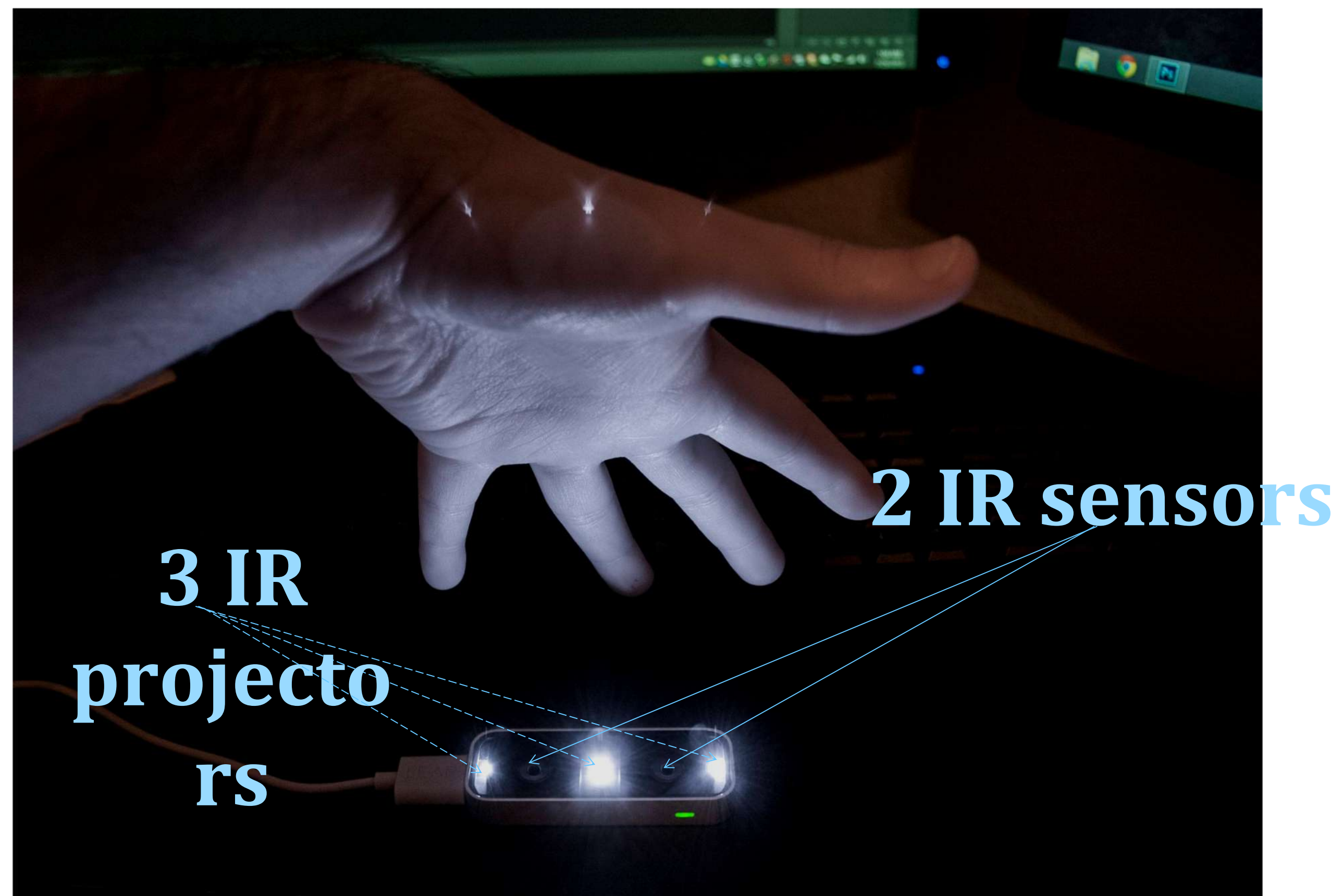


Оптический трекинг: Depth (IR)

- Kinect использует структурированный свет и машинное обучение. Он вычисляет карты глубины, а затем применяет методы машинного обучения и определяет положения частей тела (skeleton).



Leap Motion



Оптический трекинг: Depth (Stereo) Camera



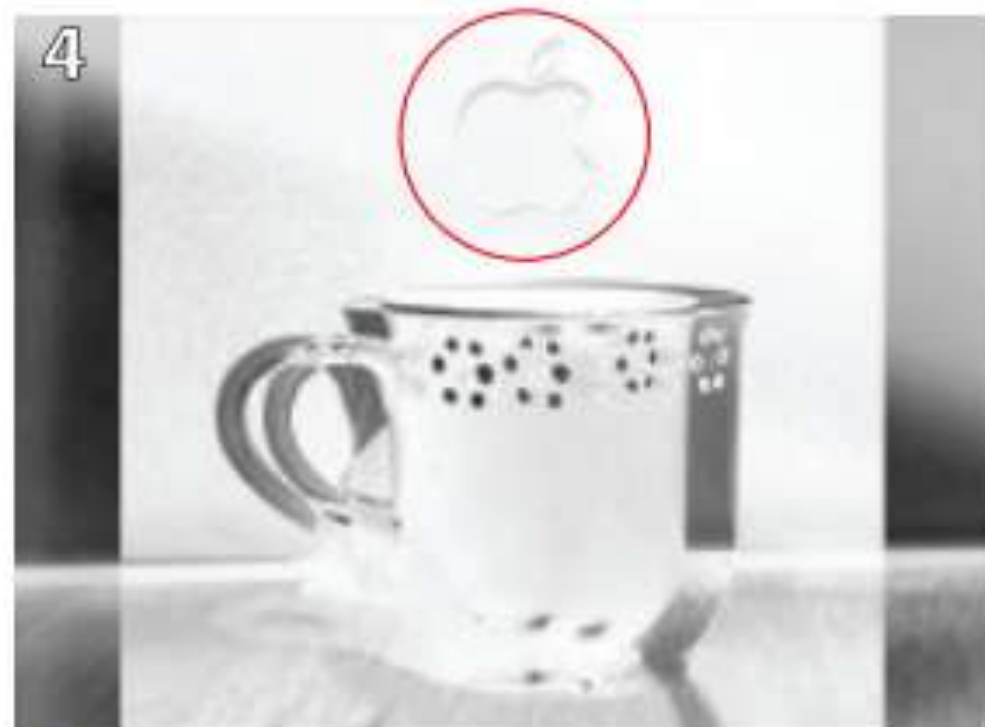
Left Camera



Right Camera



Both Cameras, Exclusion image



By shifting the images away from each other, the Apple logos in the images overlap

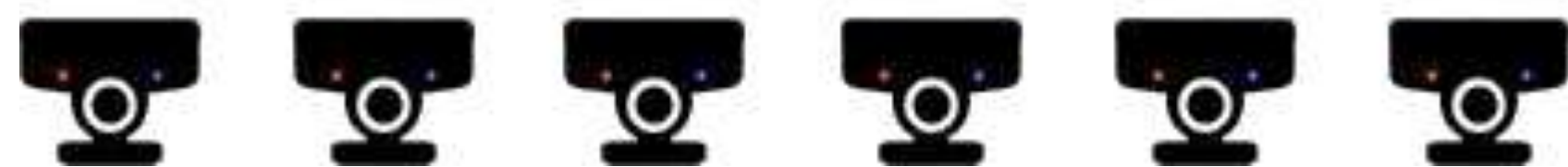


By shifting further, the edges of the mug overlap

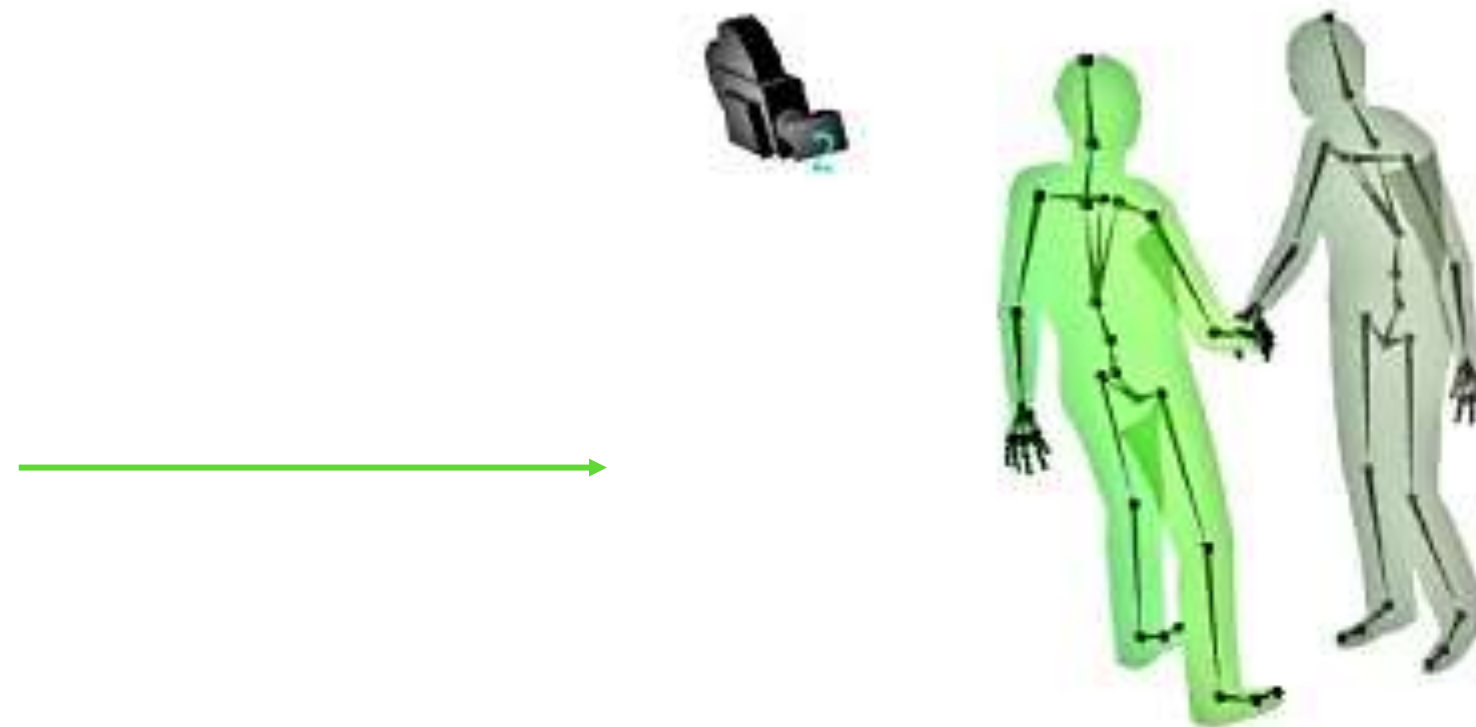


Even more, and the flower pattern closest on the mug overlaps

Оптический трекинг: Depth (Stereo) Camera



i π iPi Soft



<http://ipisoft.com>

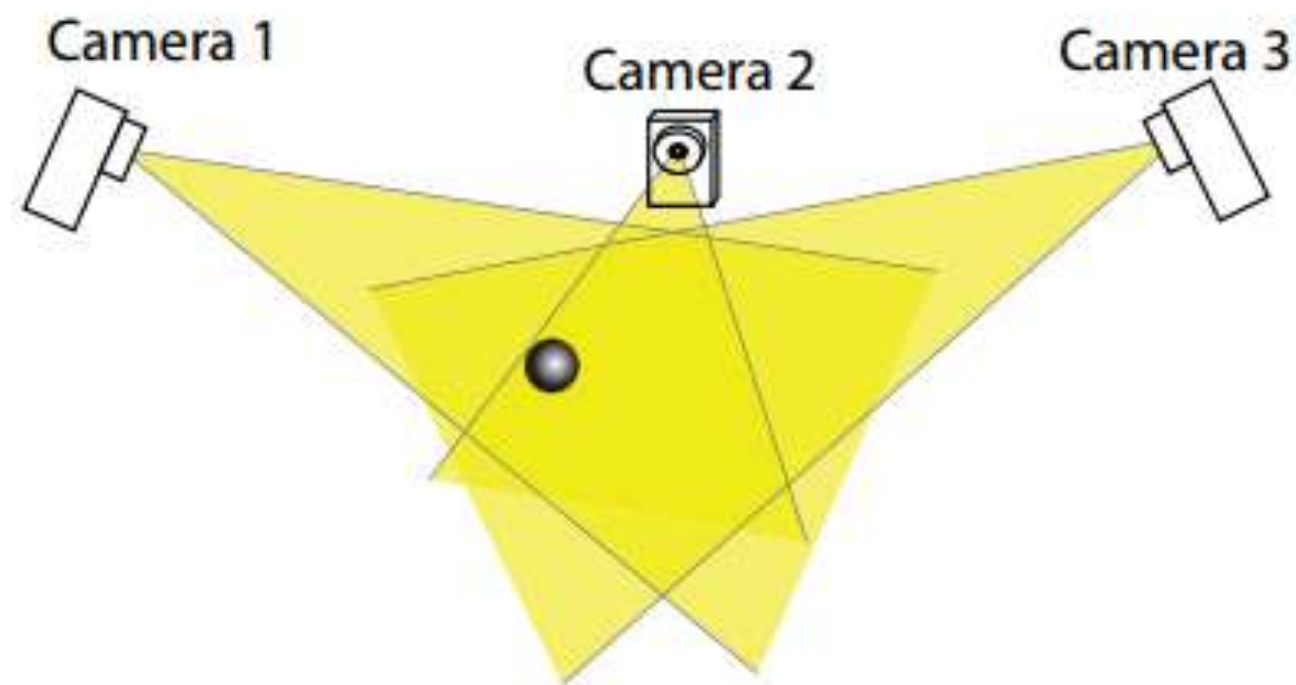
Оптический трекинг: Marker-Based

- Passive reflective markers: reflect light from an external source (IR LEDs).
- Active light/IR-emitters.

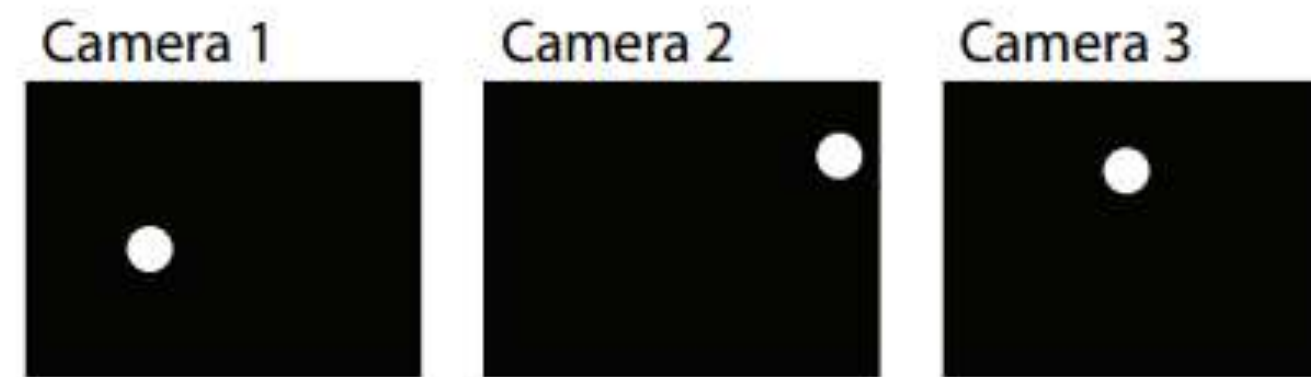


Оптический трекинг: Marker-Based

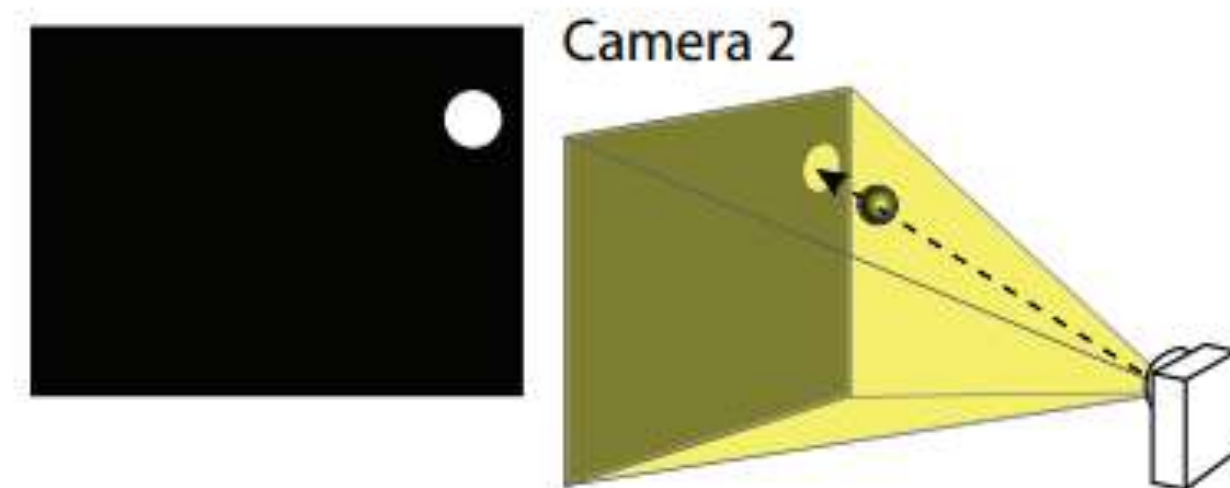
a) The cameras see a marker in their field of view



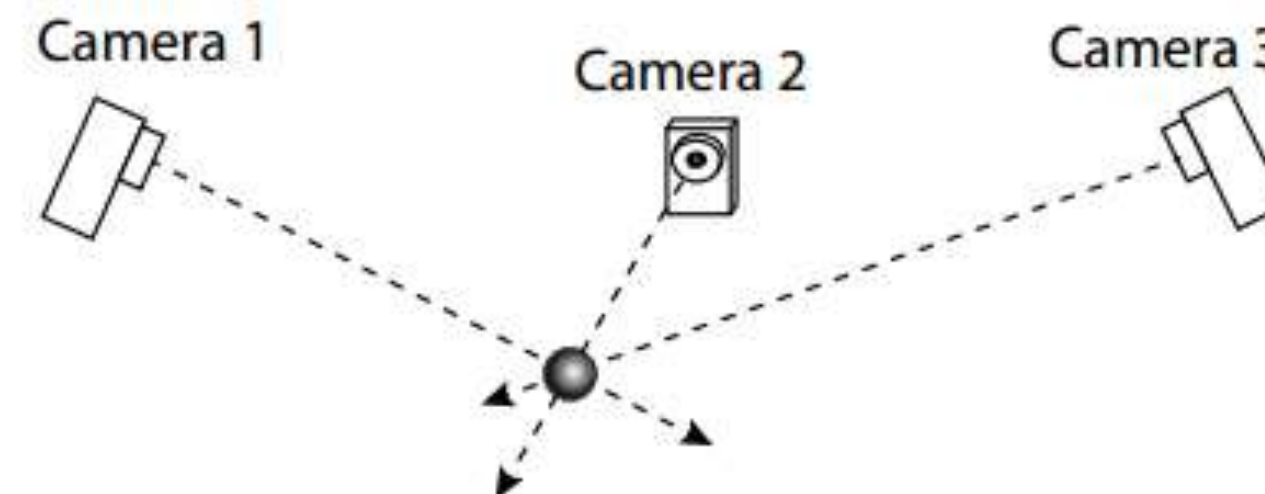
b) Each camera shows a corresponding image, where the marker position is given in two dimensions



c) Since the position and orientation of each camera is known, as well as its field of view, a 3D vector on which the dot must be located can be determined.



d) The marker is found in the intersection between the 3D vectors



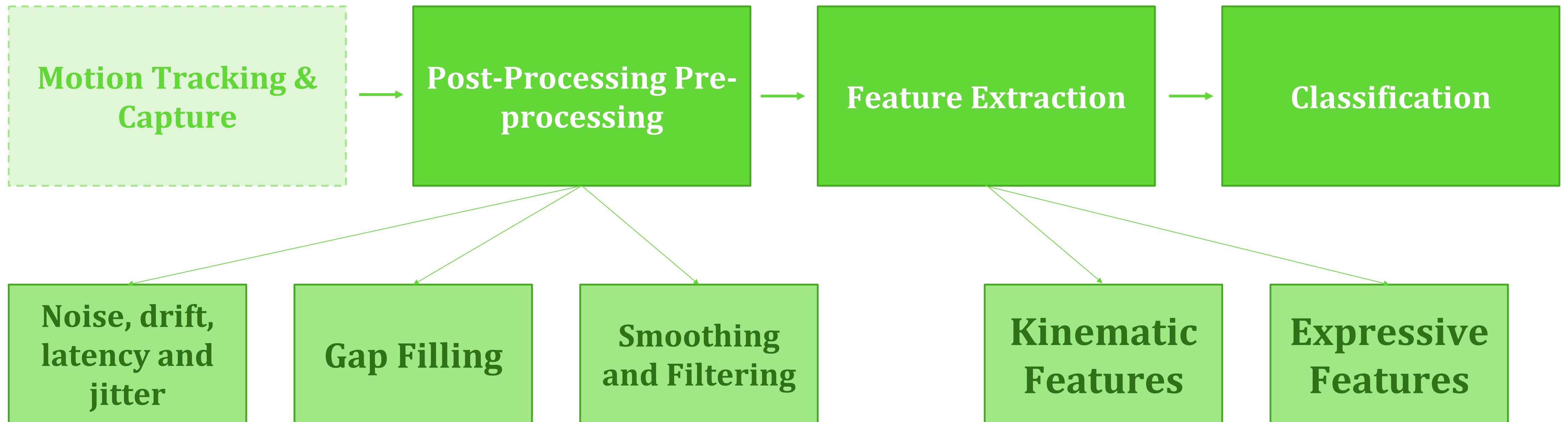
2D video analysis: Computer Vision



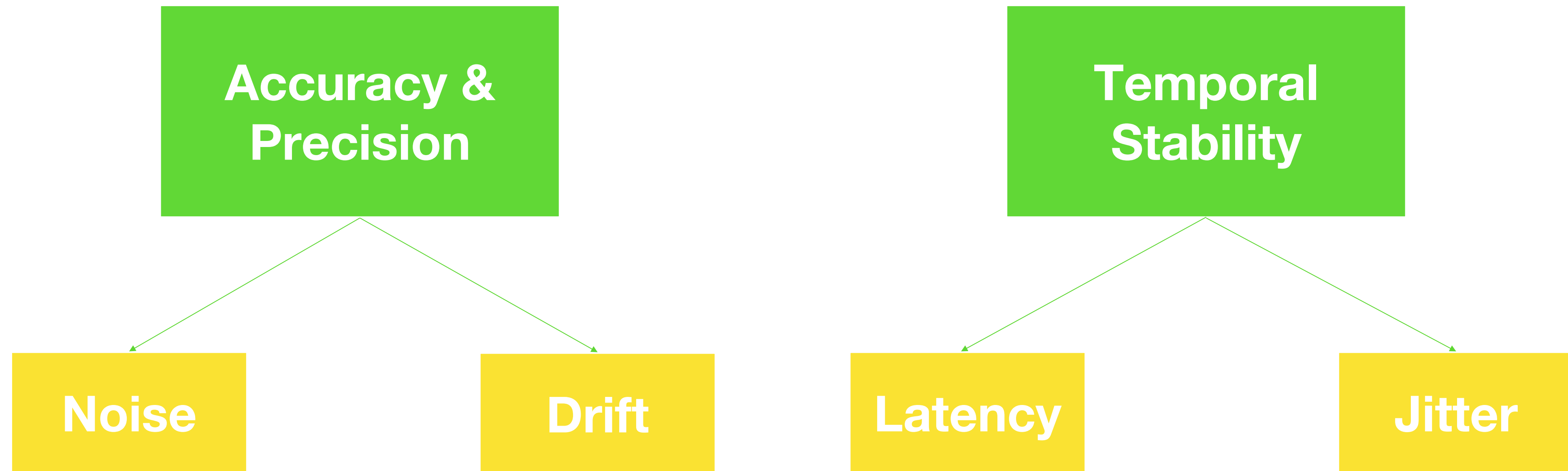


1. Невербальная коммуникация
2. Выражение эмоций с помощью тела (bodily communication of emotion)
3. Восприятие эмоций по телесным выражениям
4. Приложения в Affective Computing
5. Motion data analysis

Data analysis



Post-Processing: tracking performance



Post-Processing: Noise

- The level of noise can be measured by the standard deviation (SD) of a static (i.e. without motion) measurement over a time period.

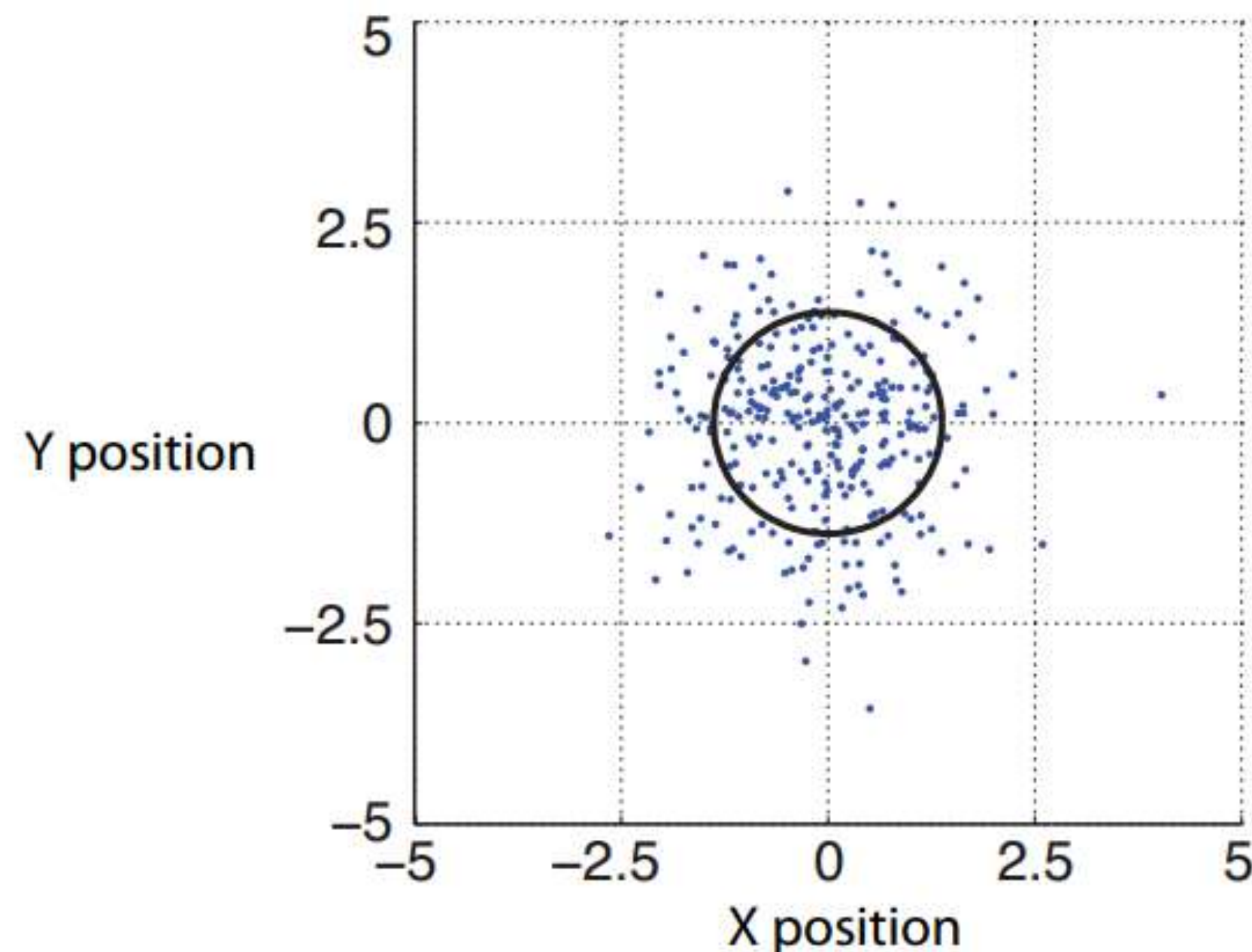
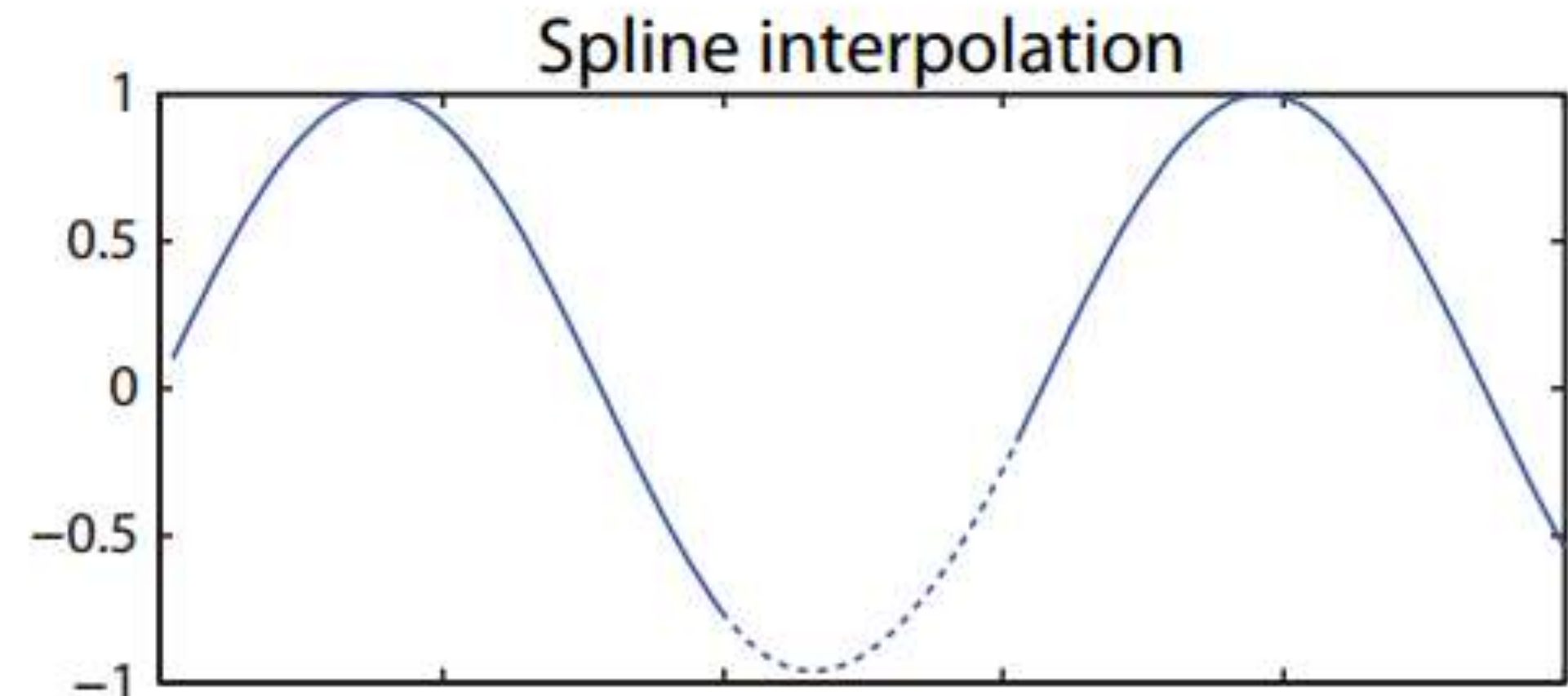
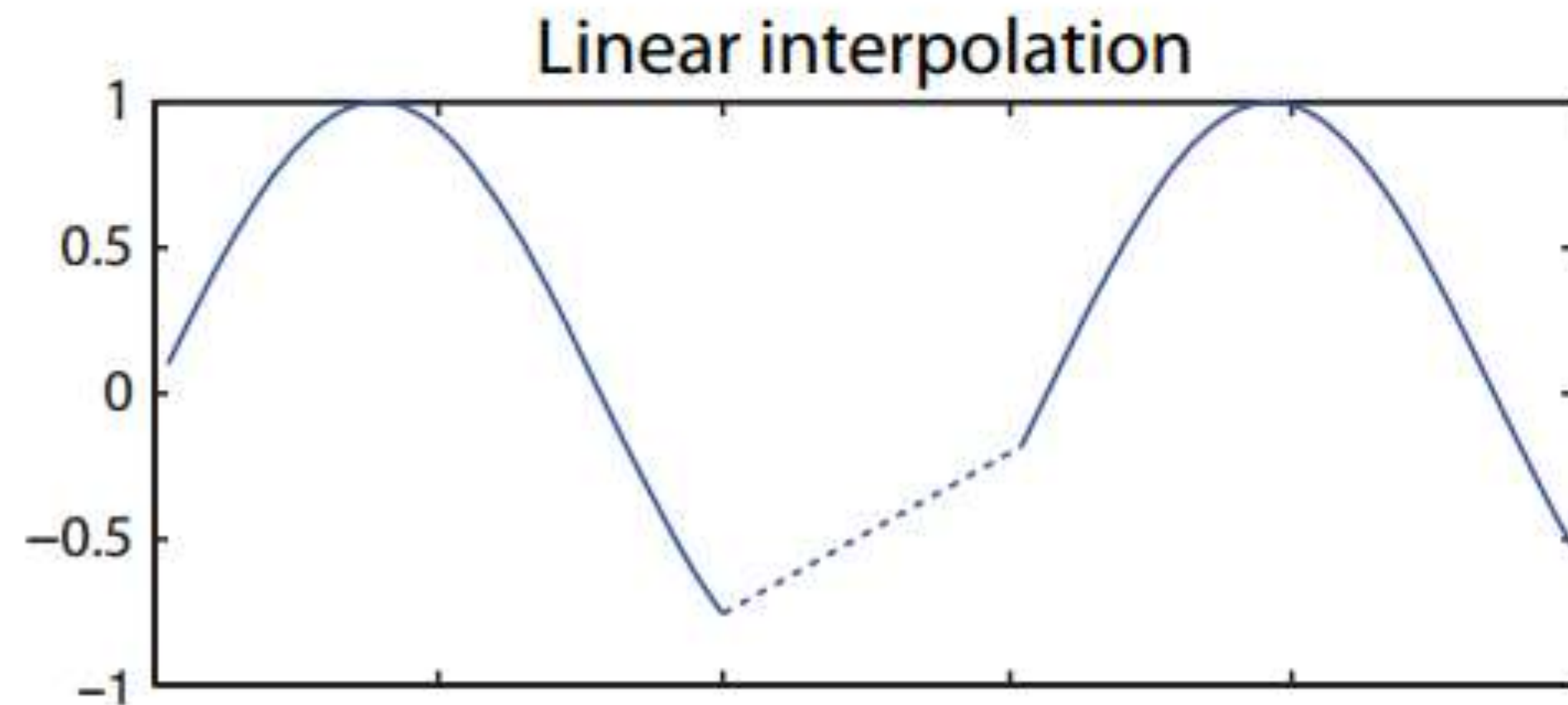
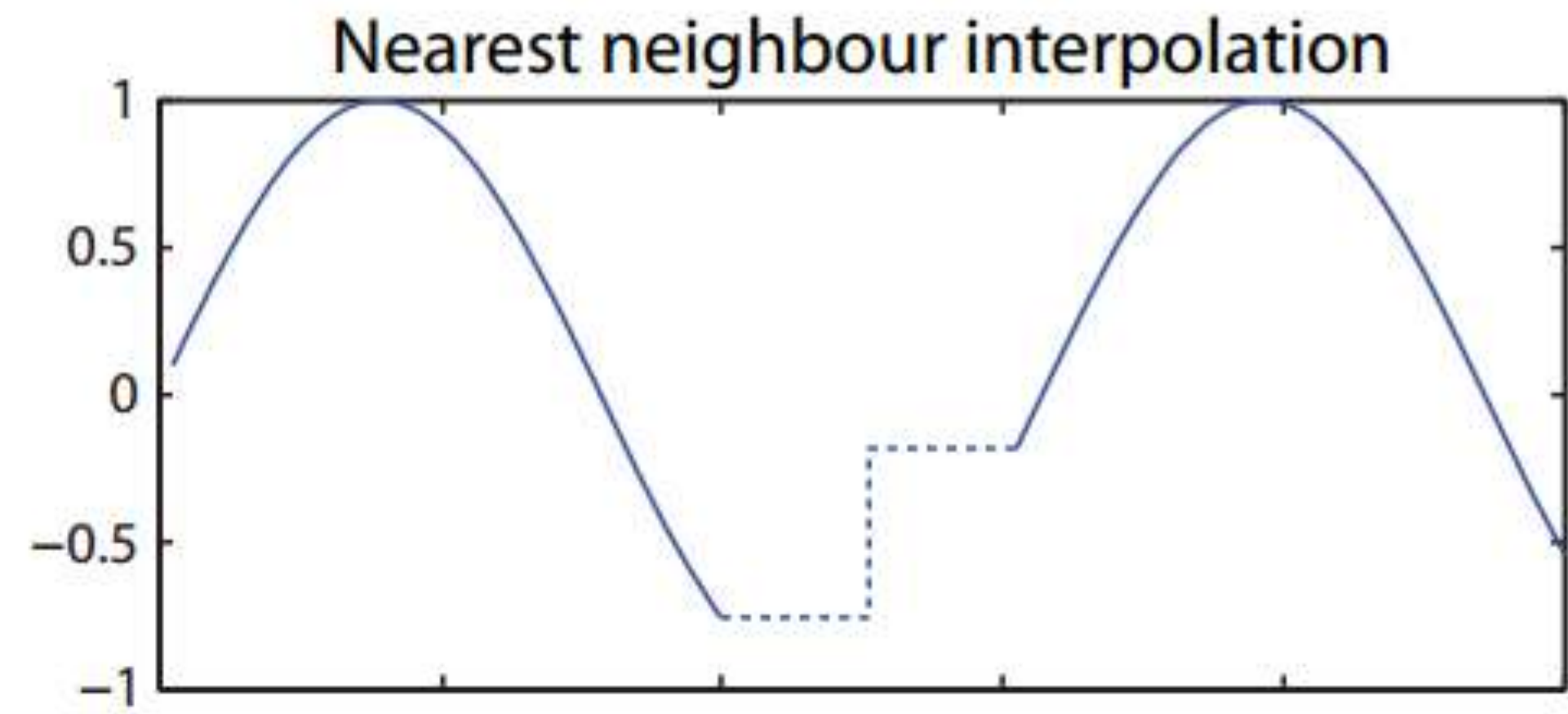
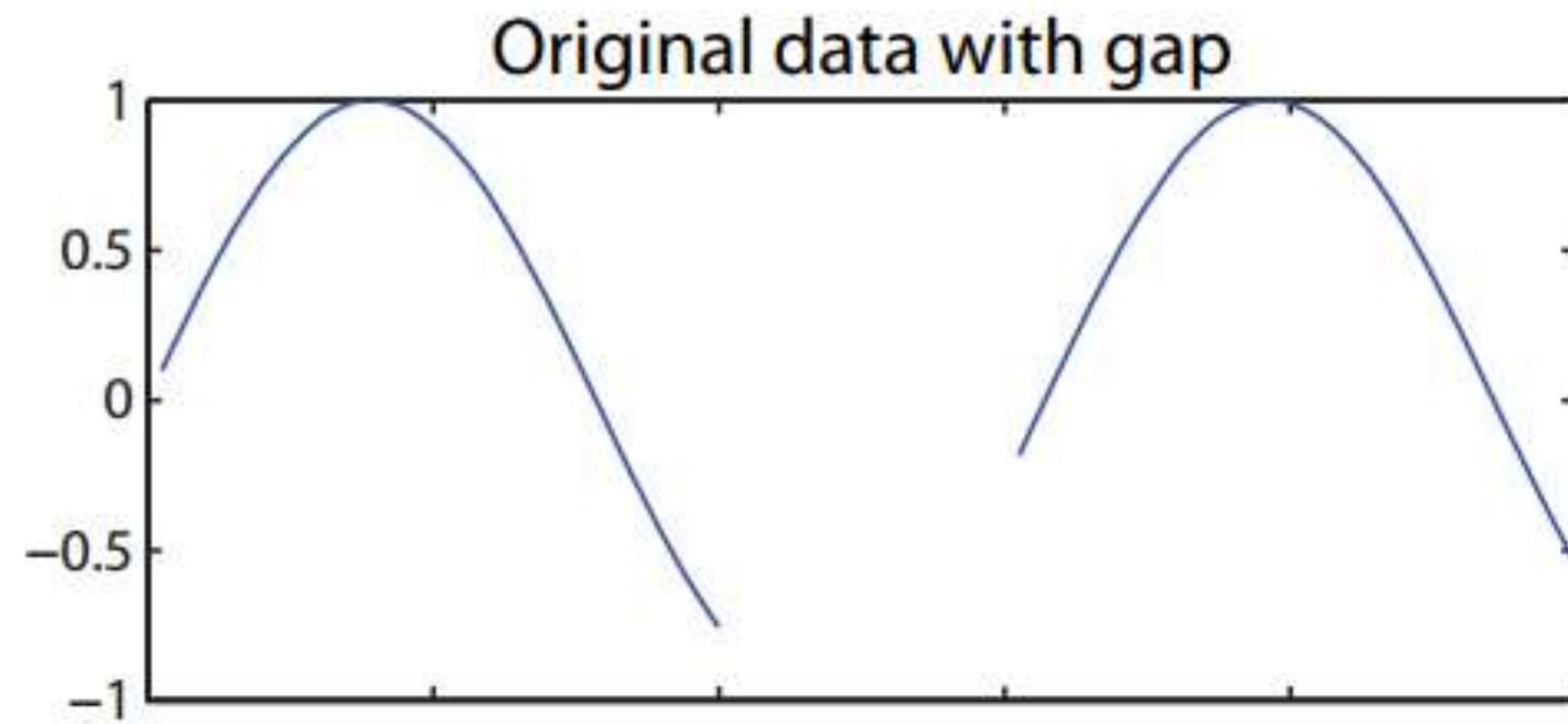


Illustration of how noise can be calculated as the standard deviation of a static position recording. The individual dots display 300 position samples (randomly generated for this example), and the circle has a radius equal to the standard deviation of the position samples.

Post-Processing: Temporal Stability

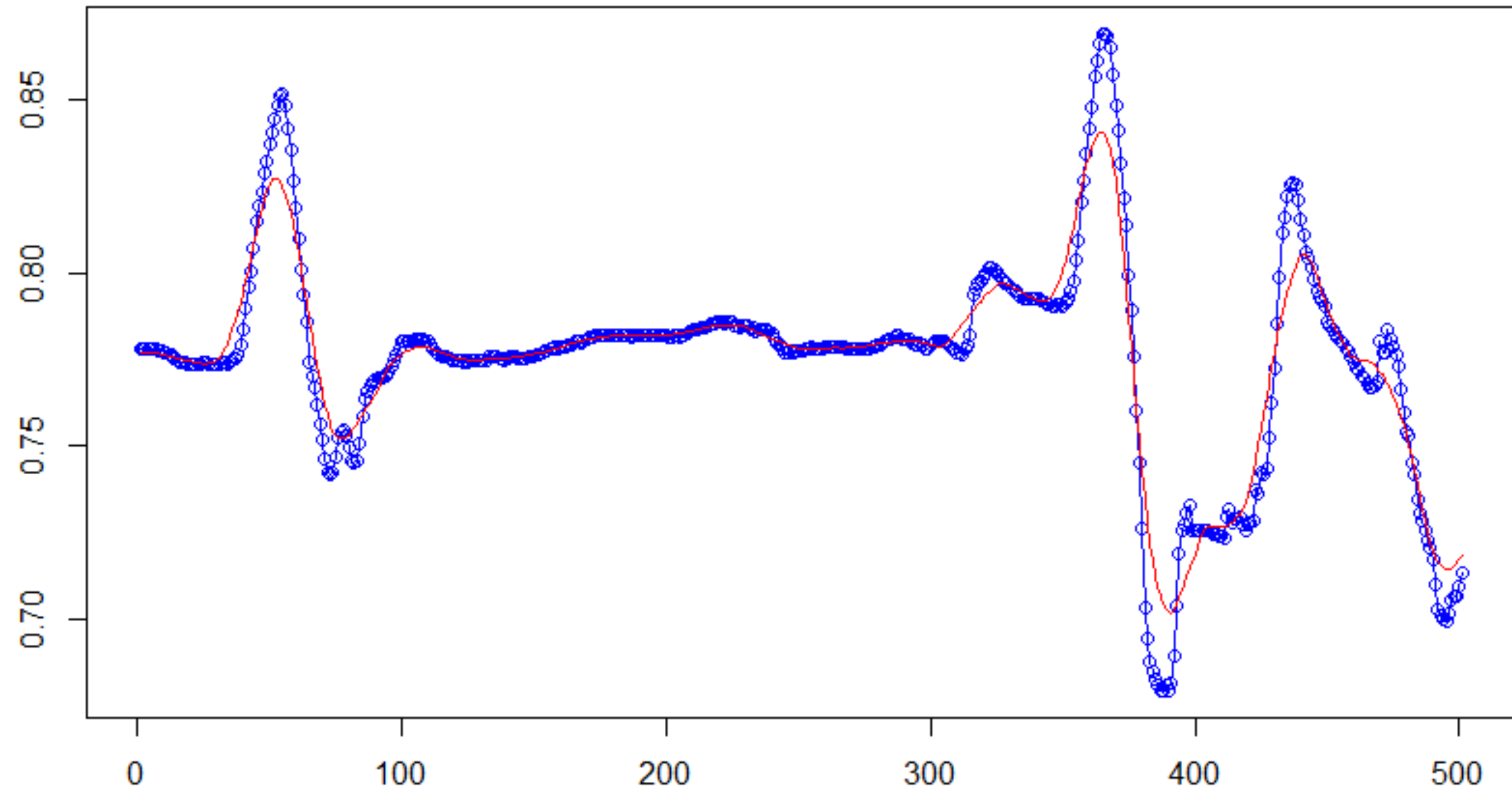
- The latency of an interactive system is the time delay from when a control action occurs until the system responds with some feedback.
- Jitter means any temporal instability in the time interval between data frames. In other words, absence of jitter would mean that the data samples are perfectly periodic.

Post-Processing: gap-filling



Post-Processing: smoothing and filtering

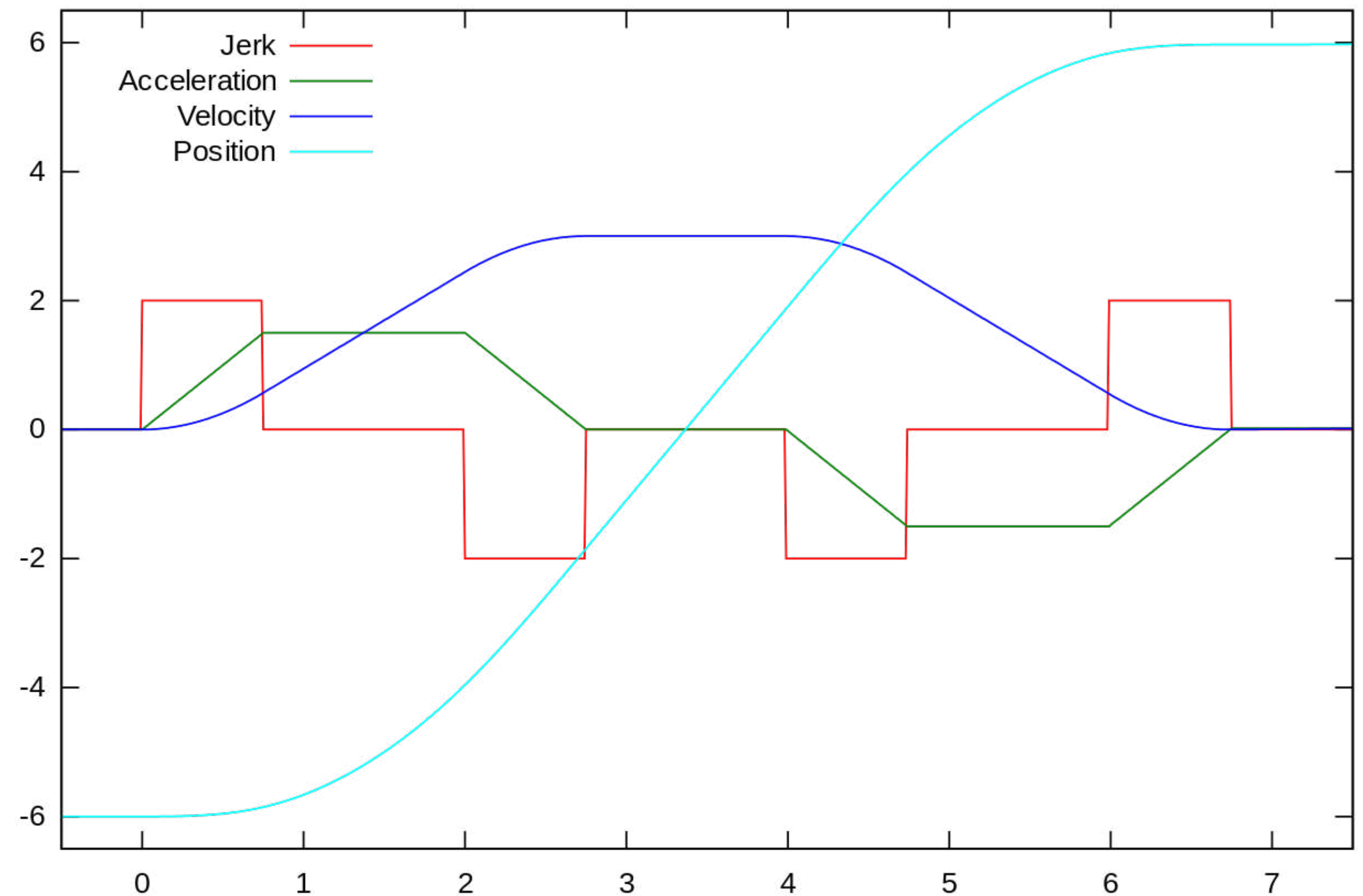
- Moving Average
- Savitzky-Golay filter
- Low-pass filters
- ... etc



Feature Extraction: Kinematic Features

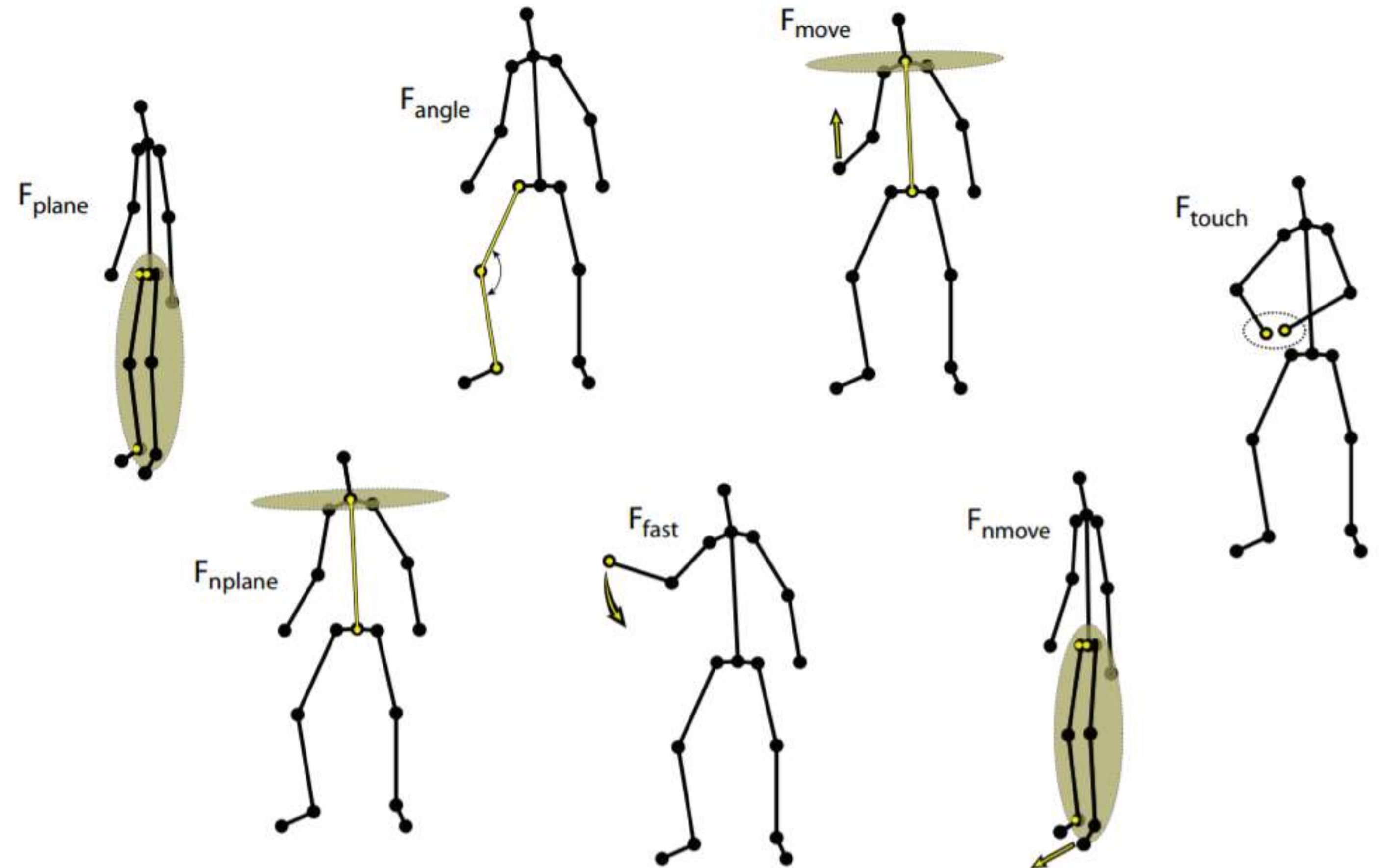
$$v_i = \frac{s_{i+1} - s_{i-1}}{2\Delta t}$$

- Positions and Trajectories
- Velocity:
- Acceleration: $(v_i)'$
- Jerk: $(v_i)''$



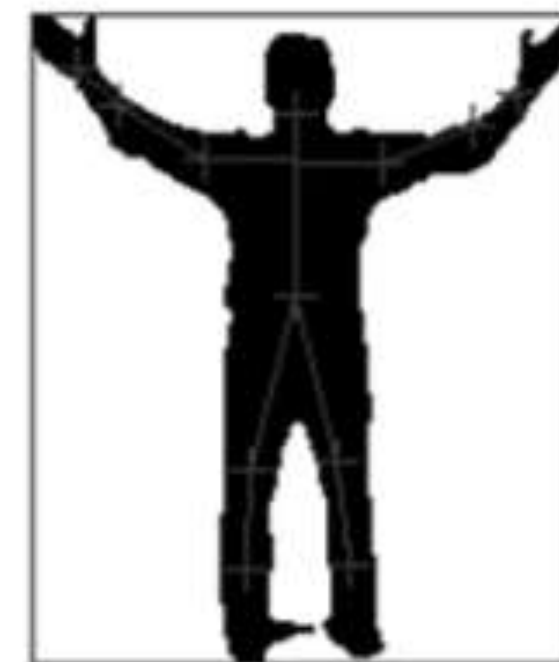
Feature Extraction: Kinematic Features

- F_{plane} defines a plane by the position of three joints and determines whether a fourth joint is in front of or behind this plane.
- F_{angle} specifies two vectors given by four joints and tests whether the angle between them is within a given range.
- F_{fast} specifies a single joint and assumes a value of 1 if the velocity of the joint is above a chosen threshold.
- F_{touch} measures the distance between two joints or body segments and assumes a value of 1 if the distance is below a certain threshold.



Feature Extraction: Expressive Features

- Kinetic Energy: $KE(f) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n m_i v_i^2(f)$
- Contraction Index is a measure of how the user's body uses the space surrounding it.

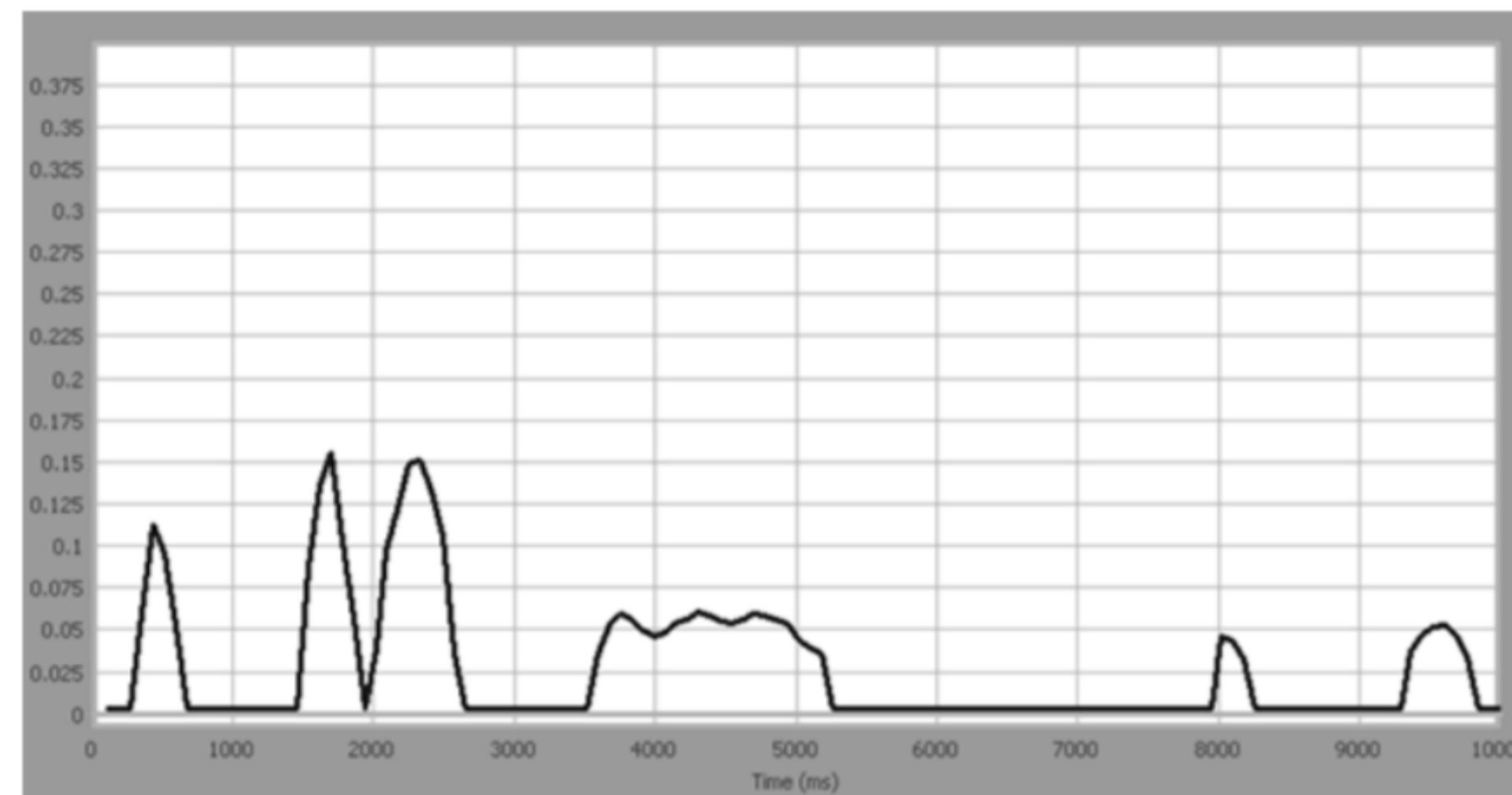


Feature Extraction: Expressive Features

- Symmetry Index
- Periodicity
- Directness
- Impulsivity
- etc.

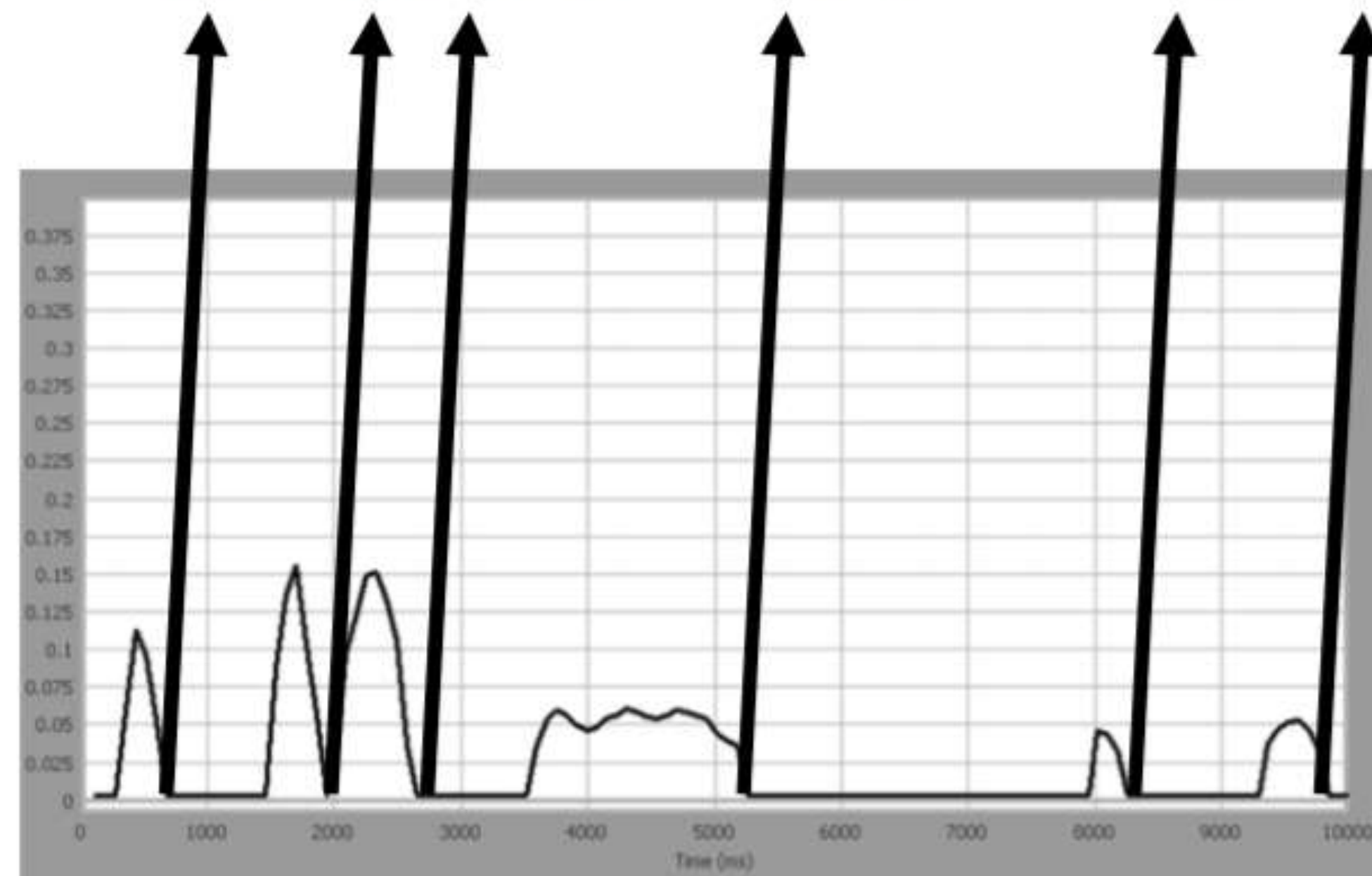
Movement Segmentation

- Motion Phases: the user is moving.
- Pause Phases: the user does not appear to move
- A threshold on the Motion Index / Kinetic Energy.



Movement Segmentation

Motion	0.1	0.15	0.15	0.05	0.05	0.07
Contraction	0.3	0.9	0.3	0.5	0.7	0.1
Symmetry	0.8	0.9	0.8	0.1	0.2	0.3



Bodily information: feature extraction [2D]

Hand-craft approach

- Extract body poses from each frame
- Calculate features: kinematic, expressive features, etc.
- Select features or reduce dimensionality [e.g., PCA]

Deep-learned approach

- Use neural network (NN) for feature extraction
- Train NN at huge dataset [AVA, Kinetics datasets] to classify actions
- Use pretrained neural network in the final emotional database [e.g., FABO]

Hand-crafted features

Get skeleton in each frame [2D coordinates of body parts] => calculate some features



High-level features (HLPF)

- HLRF is a pose-based description method [calculated features from body poses]
- Features are extracted based on the positions (x and y coordinates) of joints
- Three features in HLPF describe **single joint information**: normalized joint positions, the trajectories in Cartesian coordinates and the trajectories in polar coordinates.
- Four features in HLPF describe **pairwise joints relations**: distance relation, orientation relation and the trajectories of these relations.
- The other two features, i.e., the angle relation and its trajectory, describe **triplet joints relations**.

Joints Kinetic and Relational Features

Kinetic Features

Correlation Relational Features

Distance Relational Features

Geometric Relational Features

Normalized Positions

Kinetic Energy

Velocity

Kinetic Energy Change

Acceleration

Potential Energy

Speed

Potential Energy Change

Acceleration Rate

Total Energy

Angular Velocity

Angular Acceleration

Total Energy Change

Velocity Correlation Relation

Acceleration Correlation Relation

Angular Velocity Correlation Relation

Angular Acceleration Correlation Relation

Energy Flow

Horizontal Distance Relation

Vertical Distance Relation

Orientation Sine Relation

Orientation Cosine Relation

Eigen Vector Direction Distance Relation

Link Distance Relation

Horizontal Distance Relation Trajectory

Vertical Distance Relation Trajectory

Orientation Sine Relation Trajectory

Orientation Cosine Relation Trajectory

Eigen Vector Direction Distance Relation Trajectory

Link Distance Relation Trajectory

Joint Vector Inner Product

Joint Vector Cosine Similarity

Area Perimeter Rate

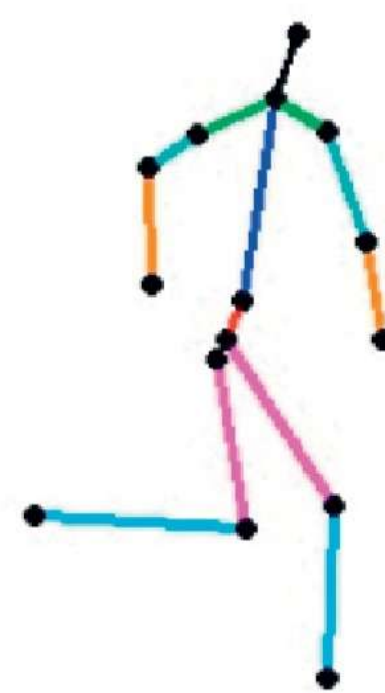
Joint Vector Inner Product Trajectory

Joint Vector Cosine Similarity Trajectory

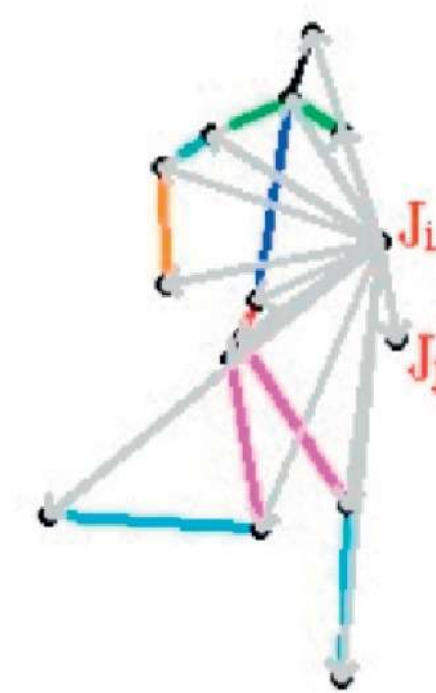
Area Perimeter Rate Trajectory



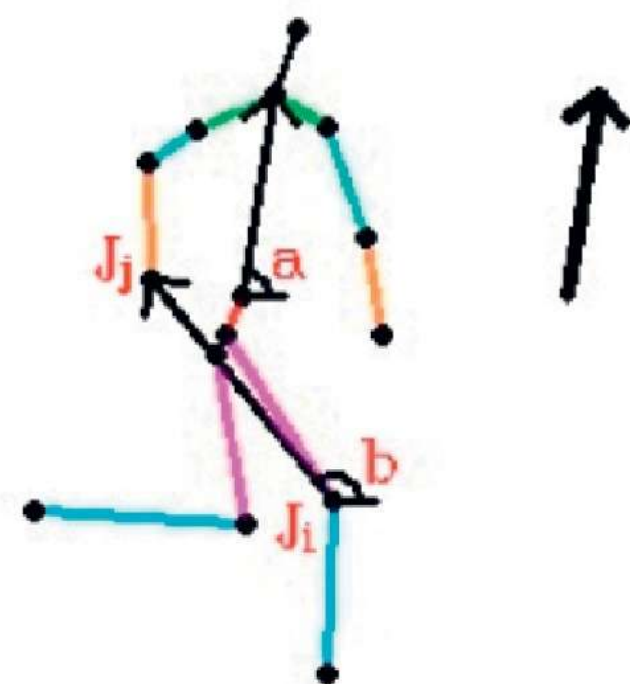
(a) A video frame



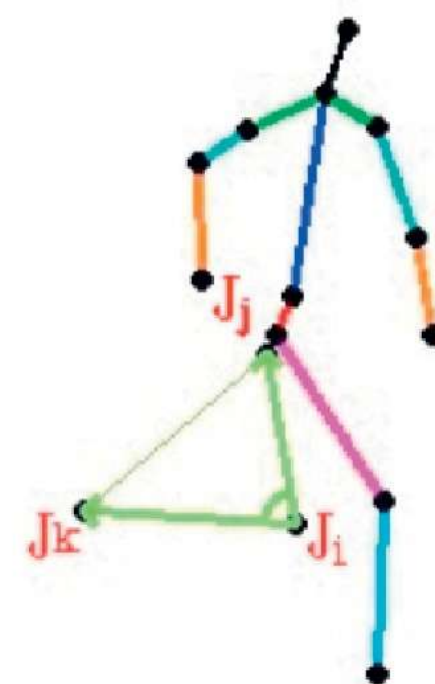
(b) Joints and skeleton



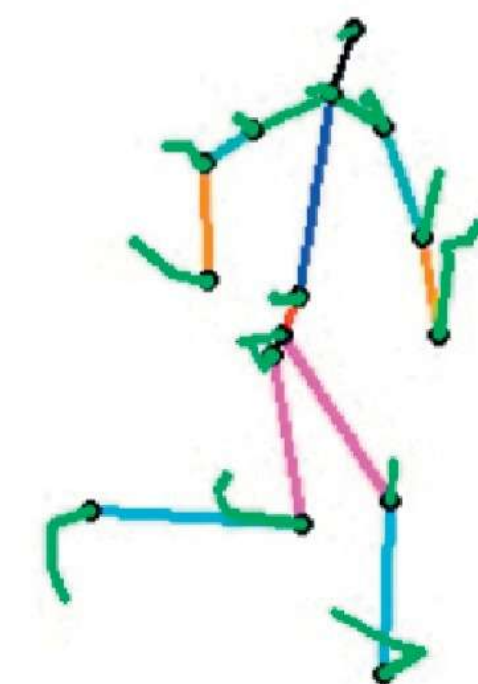
(c) Distance relation



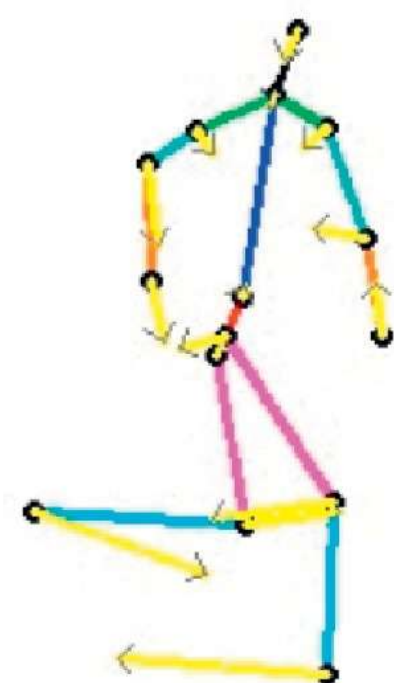
(d) Orientation (cosine/sine) relation



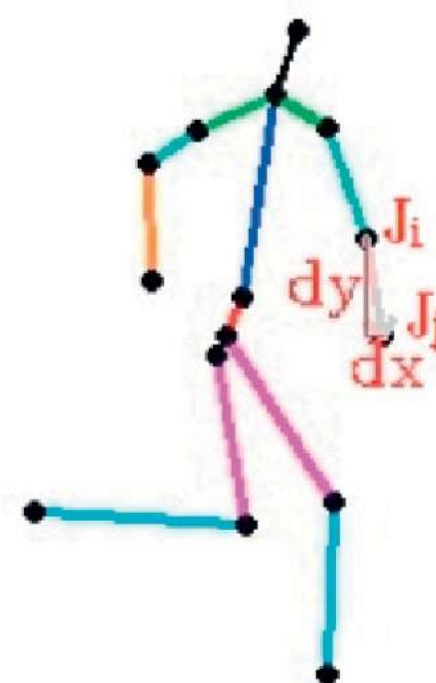
(e) Angle (geometric) relation



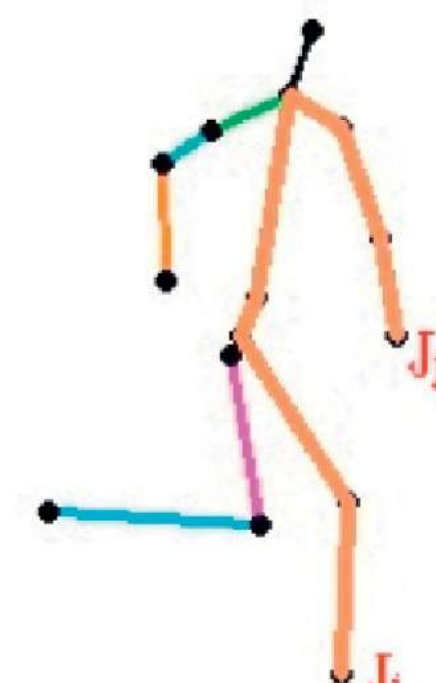
(f) Trajectories of joints



(g) Velocity of joints



(h) Horizontal (vertical) distance relation



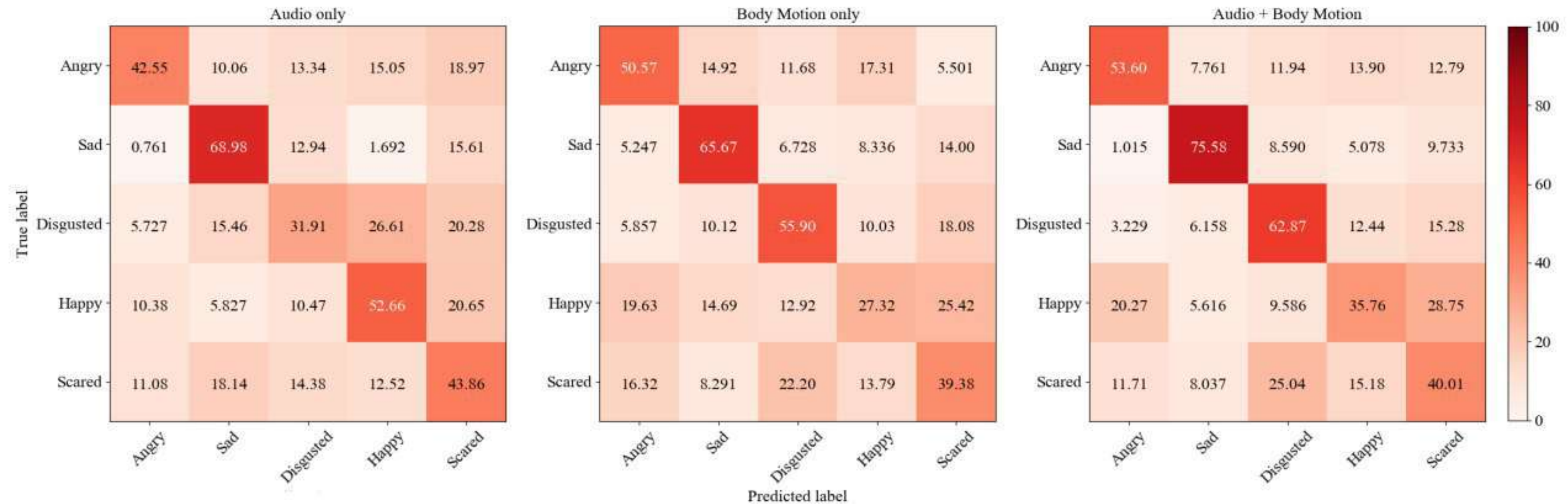
(i) Link distance relation

1. Невербальная коммуникация
2. Выражение эмоций с помощью тела (bodily communication of emotion)
3. Восприятие эмоций по телесным выражениям
4. Motion tracking
5. Motion data analysis
6. Распознавание эмоций по телесным сигналам: эксперименты

Experiments on RAMAS dataset

- 6 basic emotions: angry, disgust, happy, sad, scare, surprise.
- Multimodal: video, audio, motion, physiology.
- Play-acted

Results on RAMAS dataset



5 classes (random choice 20%): RNN

49% for audio or movements

52 % for audio + motion

Experiments on FABO database

- Anger
 - Anxiety
 - Boredom
 - Disgust
 - Fear
 - Happiness
 - Puzzlement
 - Sadness
 - Surprise
 - Uncertainty
- 10 subjects
 - Play acted (posed) emotions
 - Collected by Hatice Gunes and Massimo Piccardi in 2005
 - Onset & Offset of Emotions (annotated)

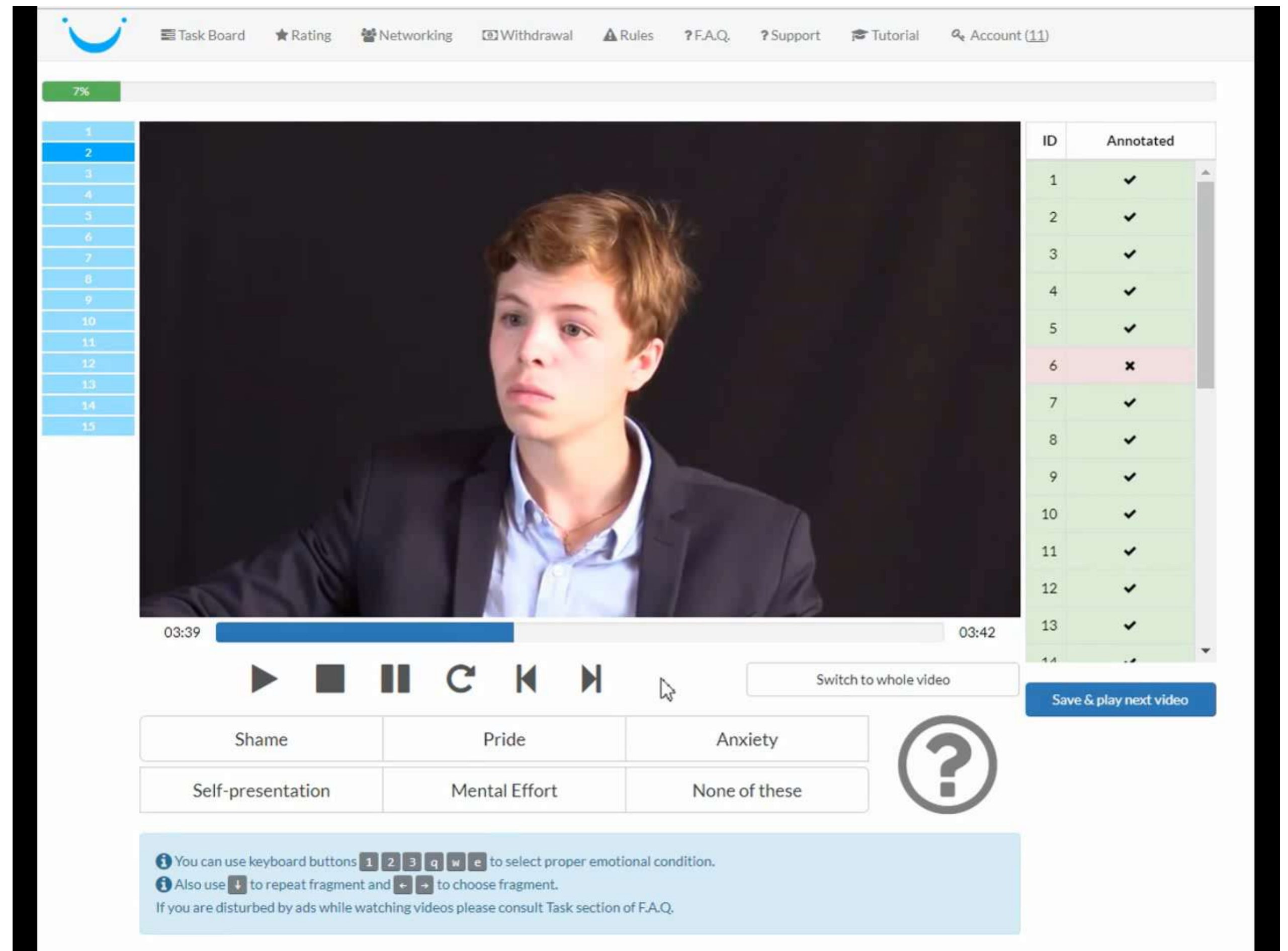


Results: FABO

	Face	Body	Face + Body
Precision	0.51	0.56	0.45
Recall	0.52	0.56	0.46

Experiments on EmotionMiner database

- 160 hours of marked up public audiovisual content in English (more than 110 000 annotated video ~5 sec fragments)
- 10+ annotators for each fragment
- 22 emotional states and social categories
- For the experiment selected: Happiness, Anger, Sadness, Neutral [4400 fragments, ~ 6 hours]



Results: EmotionMiner

	Face	Body	Face + Body
Precision	0.63	0.55	0.65
Recall	0.62	0.54	0.64

Практика

bit.ly/32ID0x6