

СОВРЕМЕННАЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ: ОТ МОЛЕКУЛ К СОЗНАНИЮ

Движения глаз и зрительное восприятие



профессор А.В. Латанов
с.н.с. П.О. Ратманова
кафедра высшей нервной деятельности
биологический ф-т МГУ

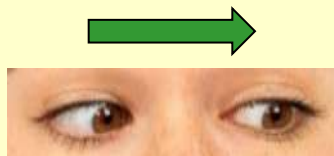
www.neurobiology.ru
info@neurobiology.ru

Почему мы совершаем движения глаз?

Потому что на пустом слайде нечего рассматривать, и наш взор будет искать зрительные объекты за его пределами

Почему мы совершаем движения глаз?

пустота

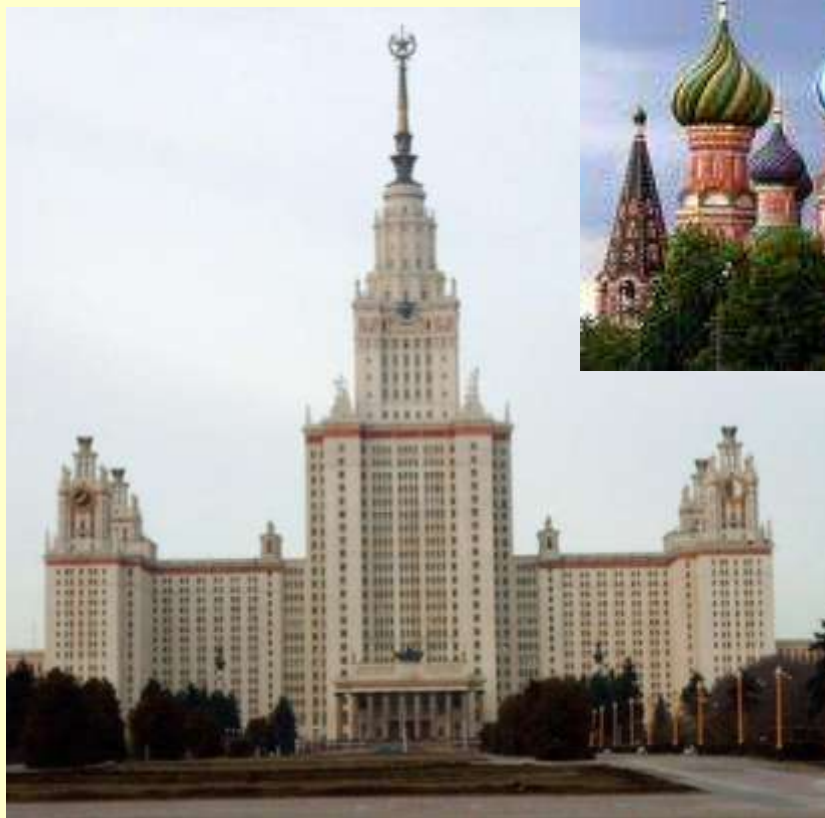
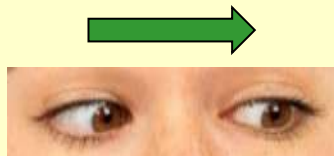


Эверест и Ф. Конюхов



Ответ: наш мозг «избегает» пустоты !!!

Почему мы совершаем движения глаз?



Ответ: наш мозг «избегает» однообразия !!!

Почему мы совершаем движения глаз?



**Ответ: наш мозг «избегает»
агрессивной
зрительной среды !!!**

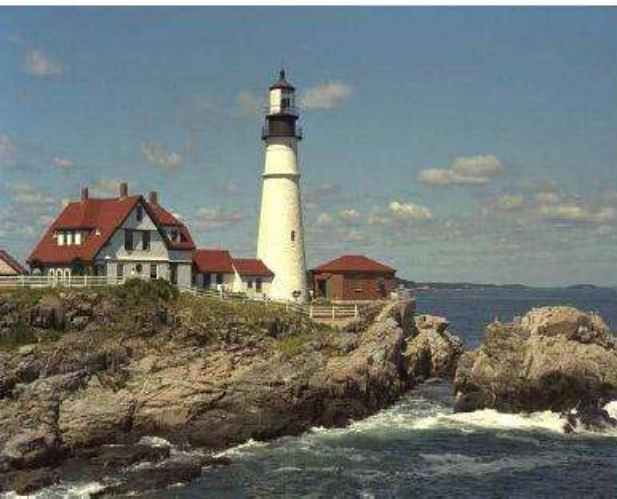
Зачем мы совершаем движения глаз?



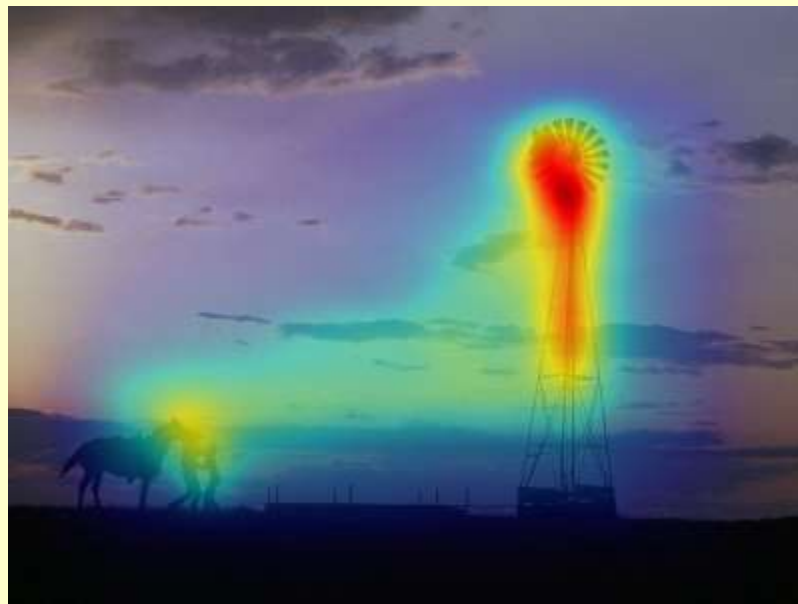
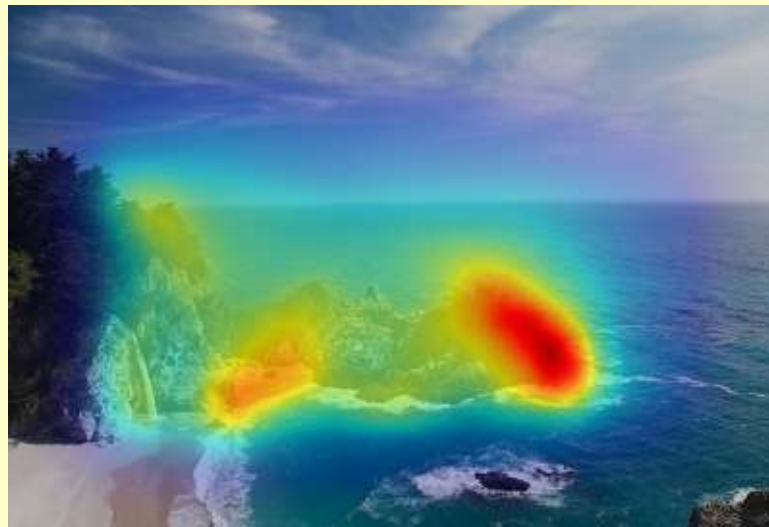
Наше внимание выделяет «выпуклые» области зрительной сцены и управляет взором, чтобы распознать их детали

Зачем мы совершаем движения глаз?

Наше внимание сканирует зрительную сцену и выделяет «выпуклые» области для распознавания их деталей

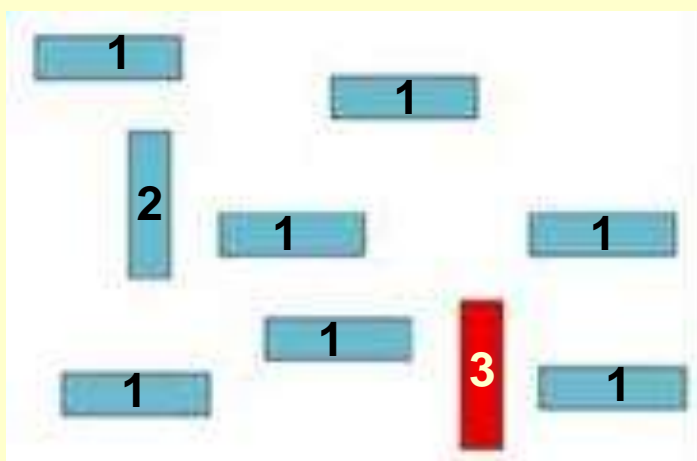
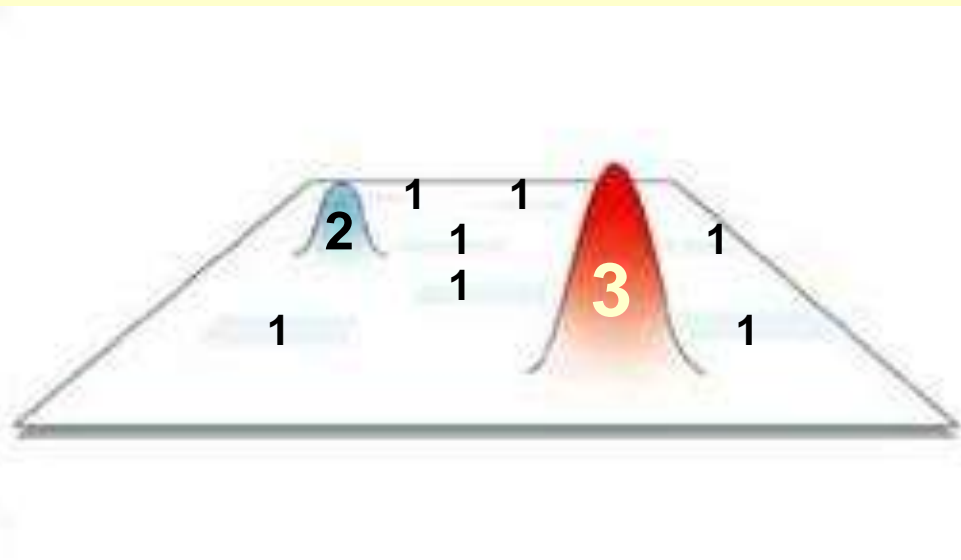
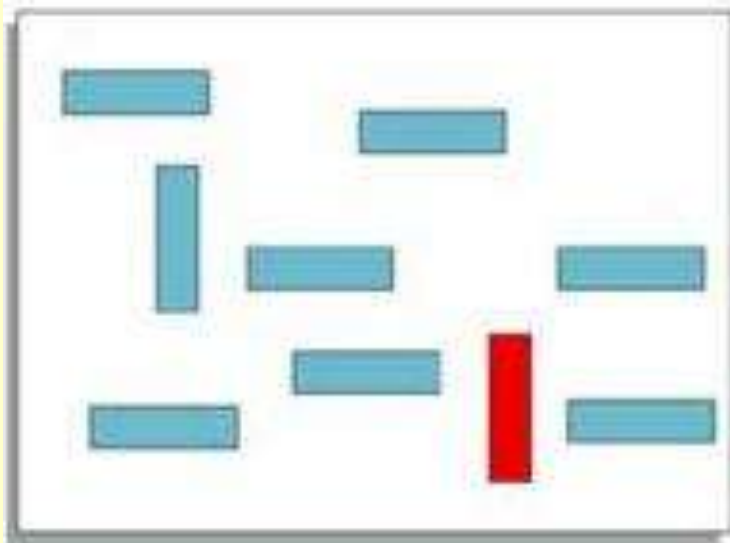


Зачем мы совершаем движения глаз?



Зачем мы совершаем движения глаз?

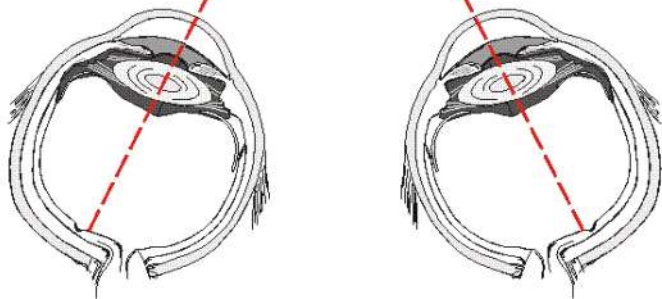
«ландшафт» внимания



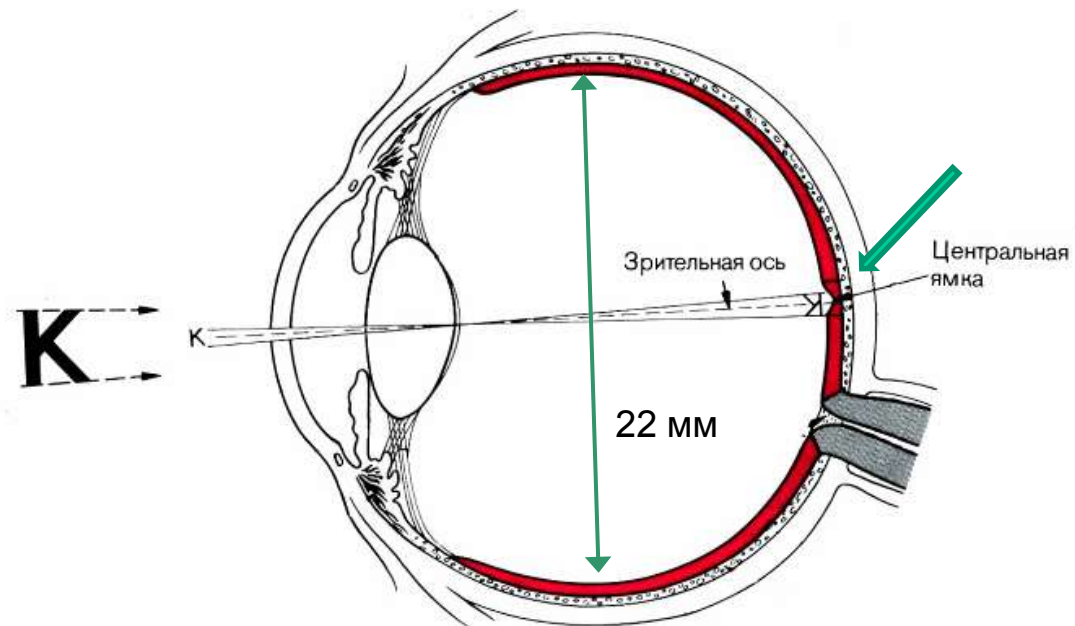
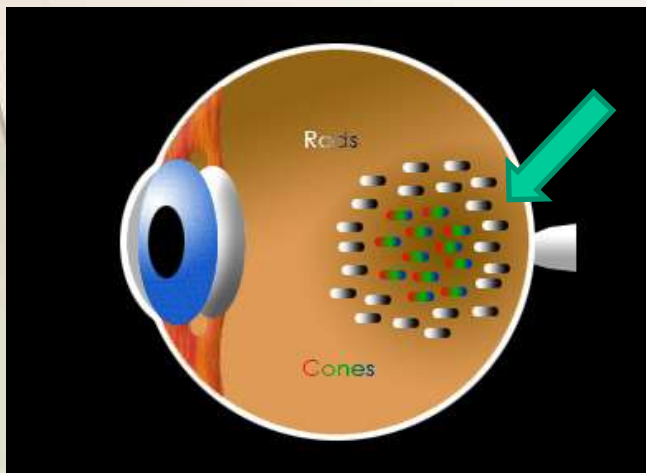
Наше внимание выделяет «выпуклые» области зрительной сцены (объекты 2 и 3 из множества объектов 1) и направляет на них взор, чтобы распознать их детали

Зачем мы совершаем движения глаз?

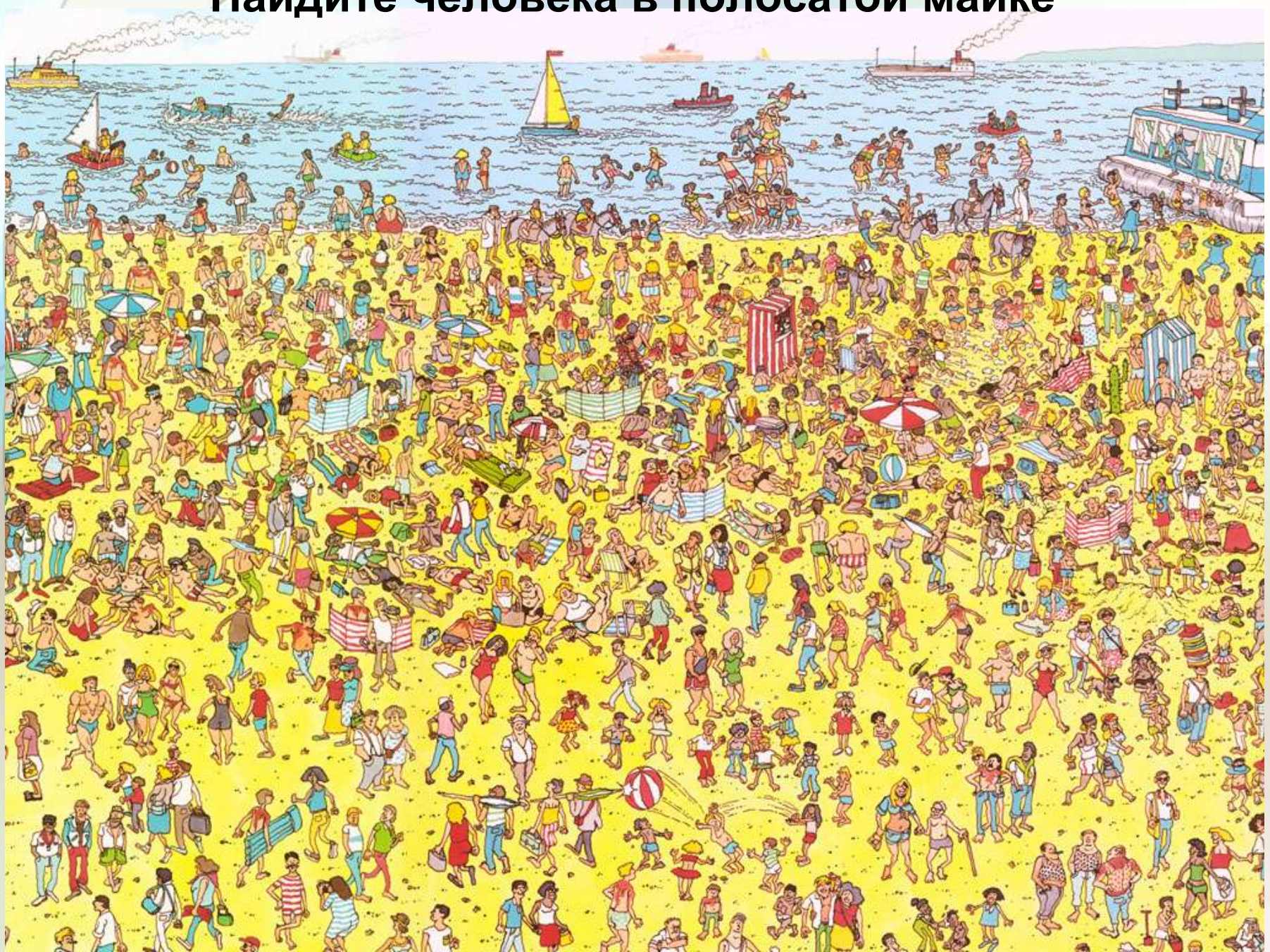
один
три
два



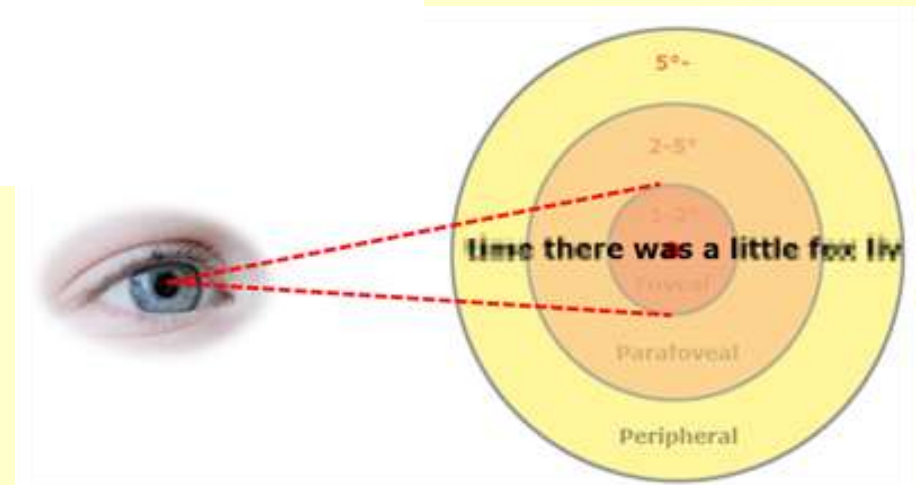
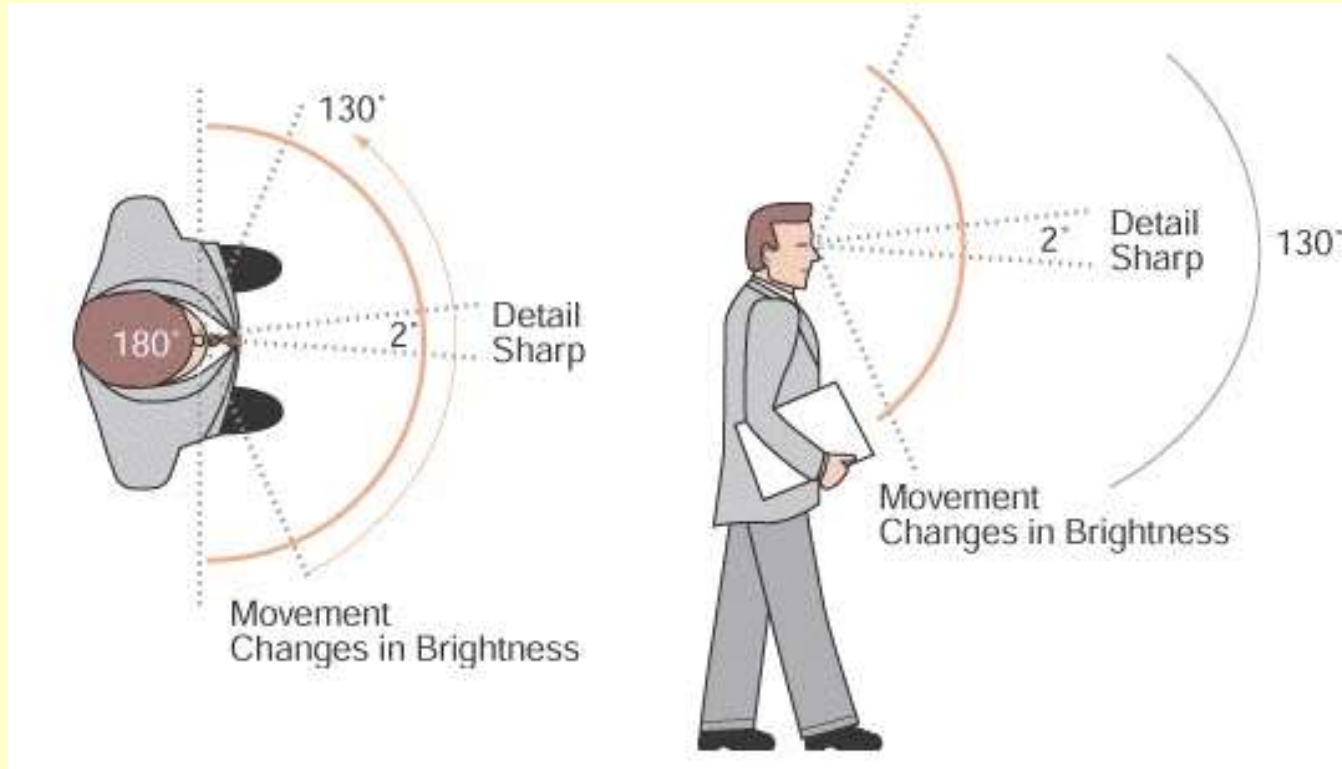
Центральная ямка сетчатки человека (около 0,5 мм в диаметре, 2 угл. град. зрительного поля) обеспечивает **предметное зрение**, необходимое для распознавания объектов.



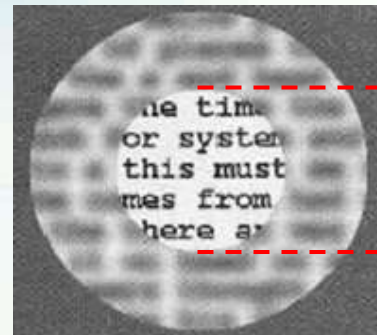
Найдите человека в полосатой майке



Зона четкого видения составляет только 2 град. зрительного поля, поэтому для поиска мелких объектов (как на предыдущем слайде) нам надо совершить много движений глаз.

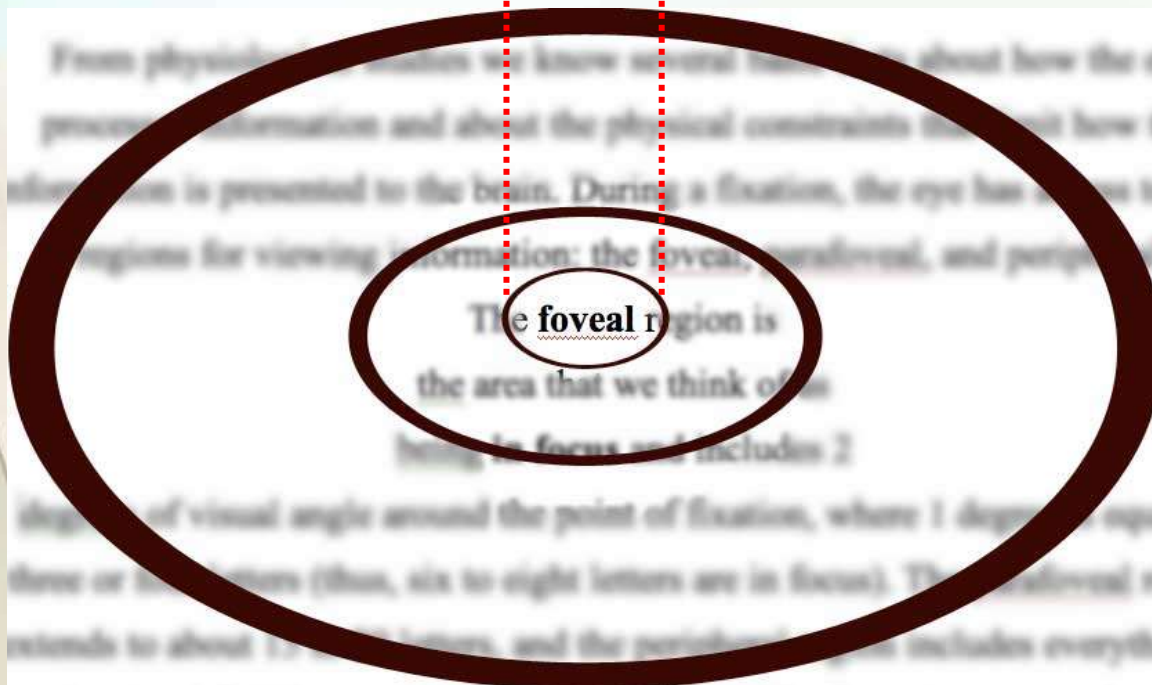


Что мы видим в центральной ямке?



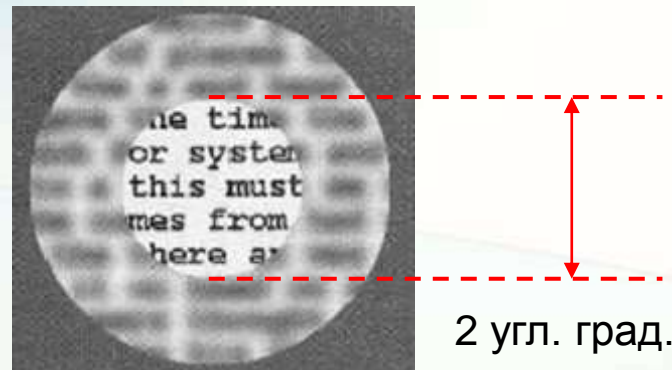
2 угл. град.

2 град.



Что мы видим в центральной ямке?

При чтении мы можем распознавать в среднем 4-5 букв слева от точки фиксации и 8-11 справа при обычных размерах шрифта



Точка фиксации



Область четкого видения вокруг точки фиксации.

25% 45% 75% 100% 75% 45% 25%

Четкость

Основные типы движений глаз

Микродвижения

Тремор – мелкие частые колебания глаз. Средняя амплитуда – 20"–40", частота до 250–270 Гц. В результате тремора ось глаза описывает эллипсоподобные фигуры. Это естественный двигательный фон окулomotorной активности, не поддающийся произвольному контролю.

Дрейф – медленные плавные микродвижения. В ходе фиксации объекта на них приходится 97 % времени.

Микросаккады – быстрые движения глаз продолжительностью 10–20 мс. Диапазон амплитуды 2'–50'. Необходимы для устойчивой фиксации объекта.

Основные типы движений глаз

Макродвижения изменяют положение взора

Макросаккады – резкие изменения позиции глаза, высокая скоростью и точность. Амплитуда от 40'– 50' до 50– 60°,

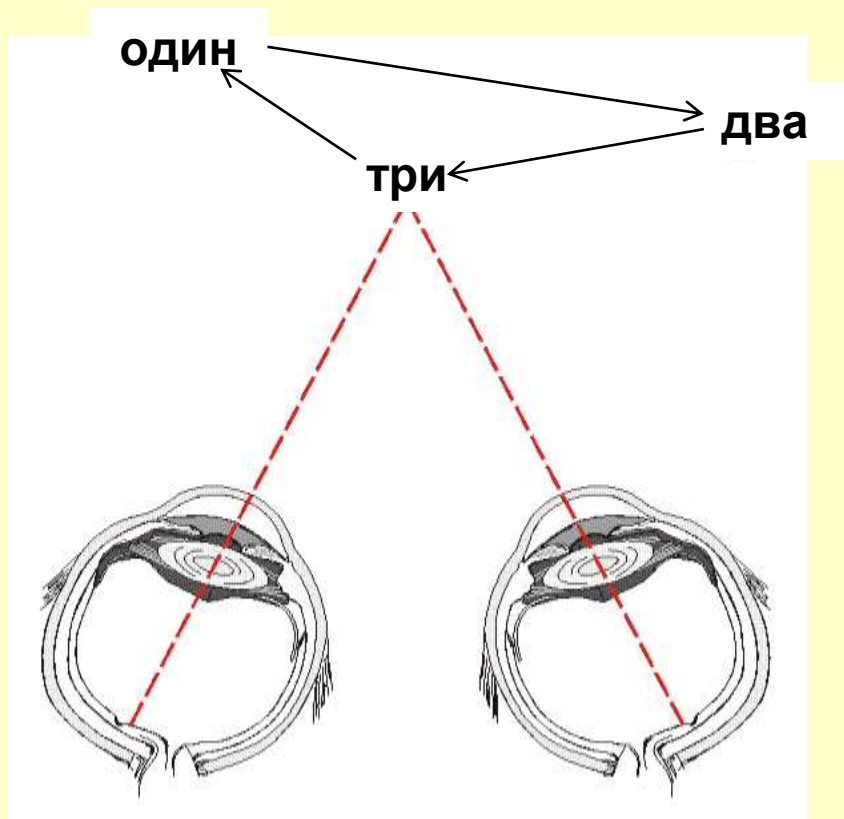
Прослеживающие движения – плавные перемещения глаз, сопровождающие плавное движение объектов в поле зрения. Обеспечивают сохранение изображения фиксируемого объекта в зоне наилучшего видения (на центральной ямке).

Вергентные движения – сведение (конвергенция) или разведение (дивергенция) оптических осей глаз. Включены в процесс стереоскопического зрения, обеспечивают необходимое соответствие проекций объекта на сетчатках обоих глаз.

Нистагм – устойчивая окуломоторная структура, включающая чередование саккад и плавных прослеживающих движений.

Торзионные движения – вращение глаз относительно оптической оси. Амплитуда отграничена 10°. Основное назначение – частичная компенсация наклонов головы относительно гравитационной вертикали.

«Главные» движения глаз - саккады



Неподвижное состояние глаз – фиксации

во время фиксаций происходит распознавание объектов

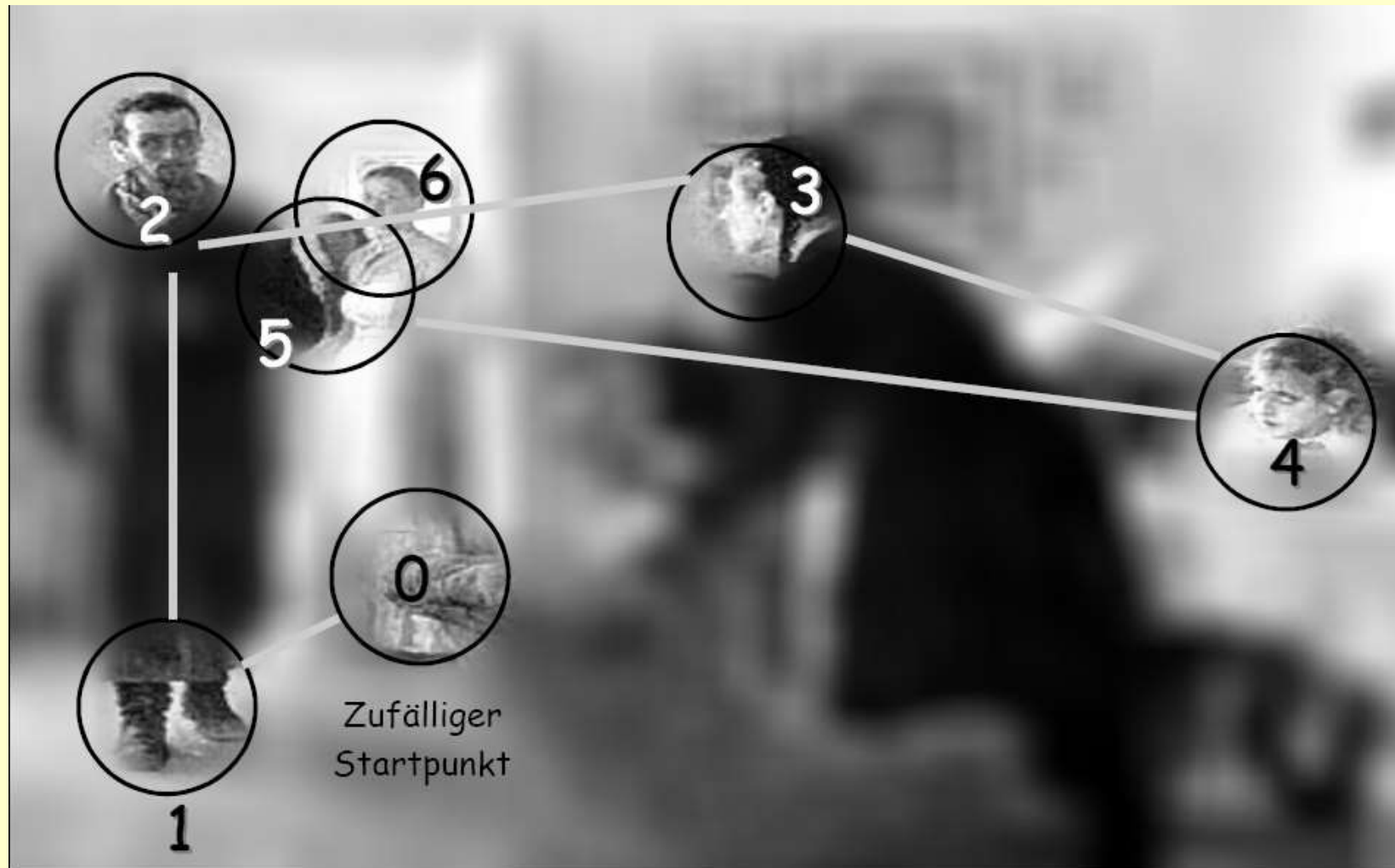


Bild 11: Foveale Ergänzung durch die ersten 6 Fixationen (nach Daten von *Yarbus, 1967*)

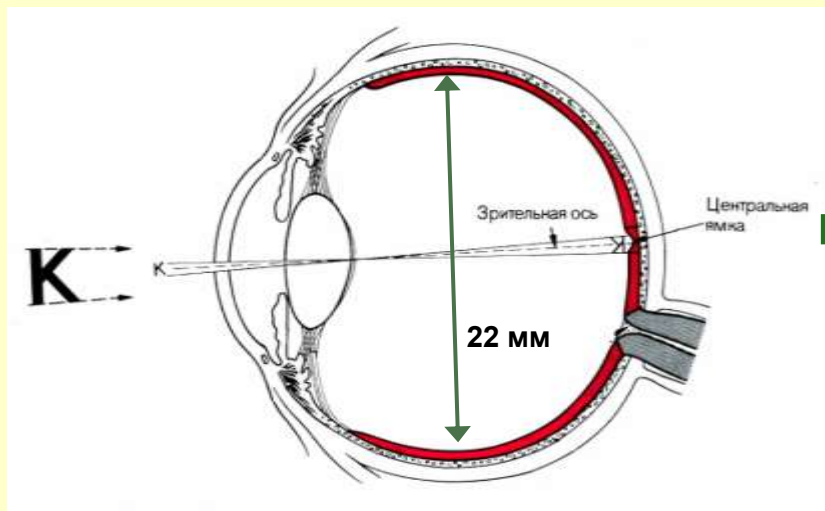
Неподвижное состояние глаз – фиксация

при чтении во время фиксаций происходит
распознавание слов

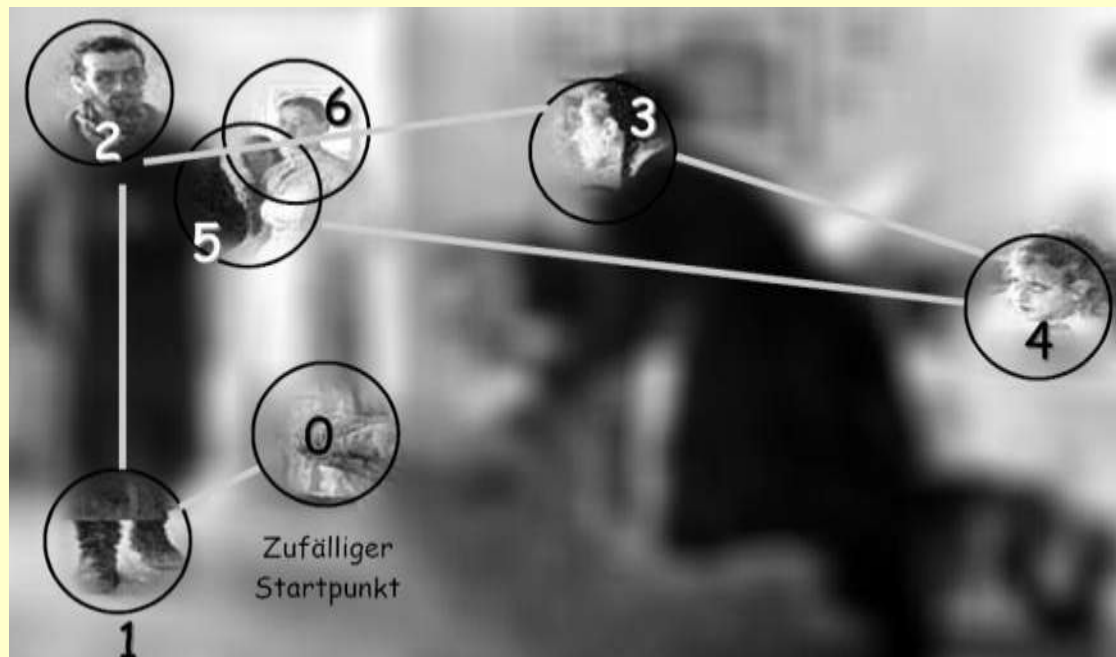
When a person is reading a sentence silently, the eye movements show that not every word is fixated. Every once in a while a regression (an eye movement that goes back in the text) is made to re-examine a word that may have not been fully understood the first time. This only happens with about 10% of the fixations, depending on how difficult the text is. The more difficult the higher the likelihood that regressions are made.



Фиксации и саккады



2 угл. град.



Центры управления глазами мышцами (двигательные)

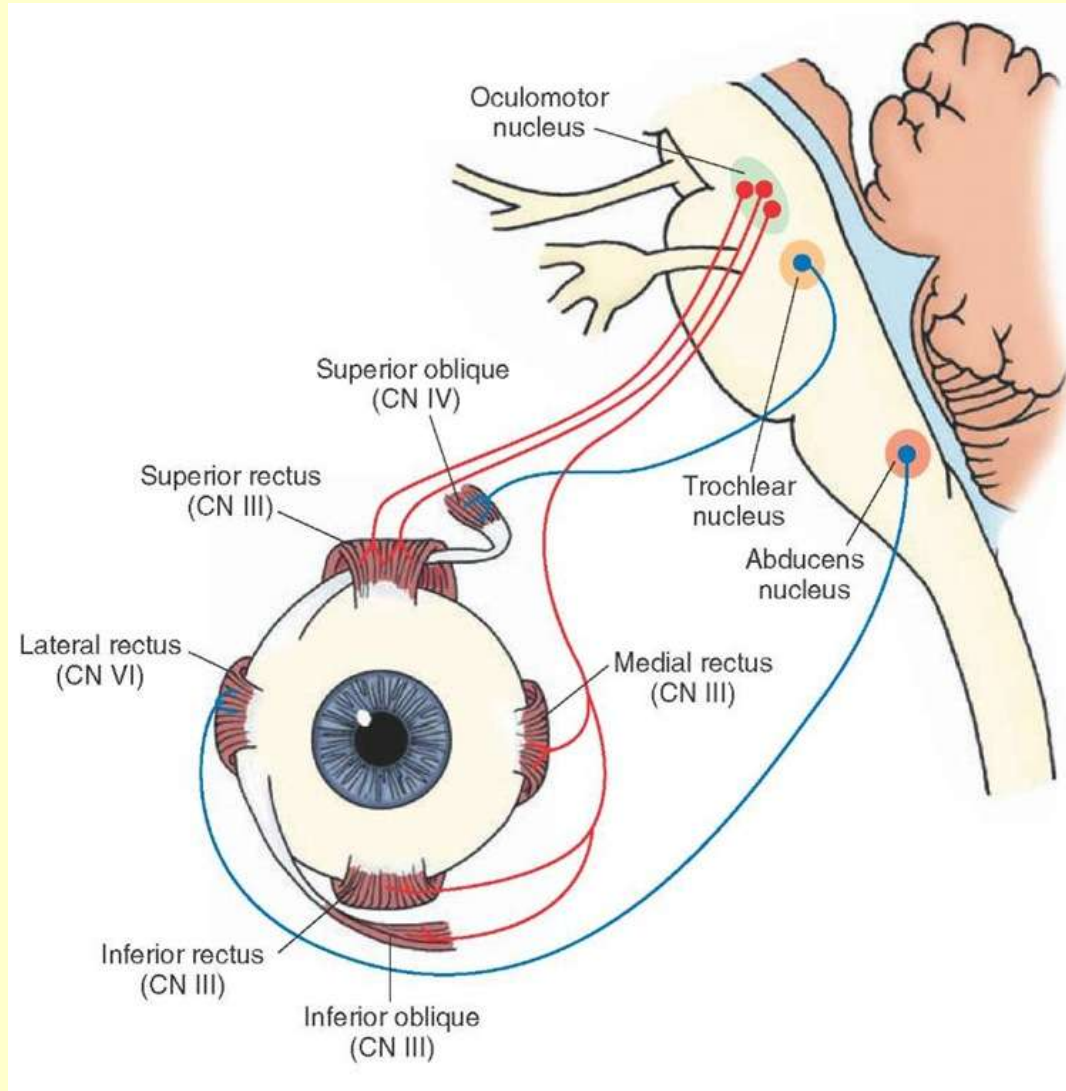
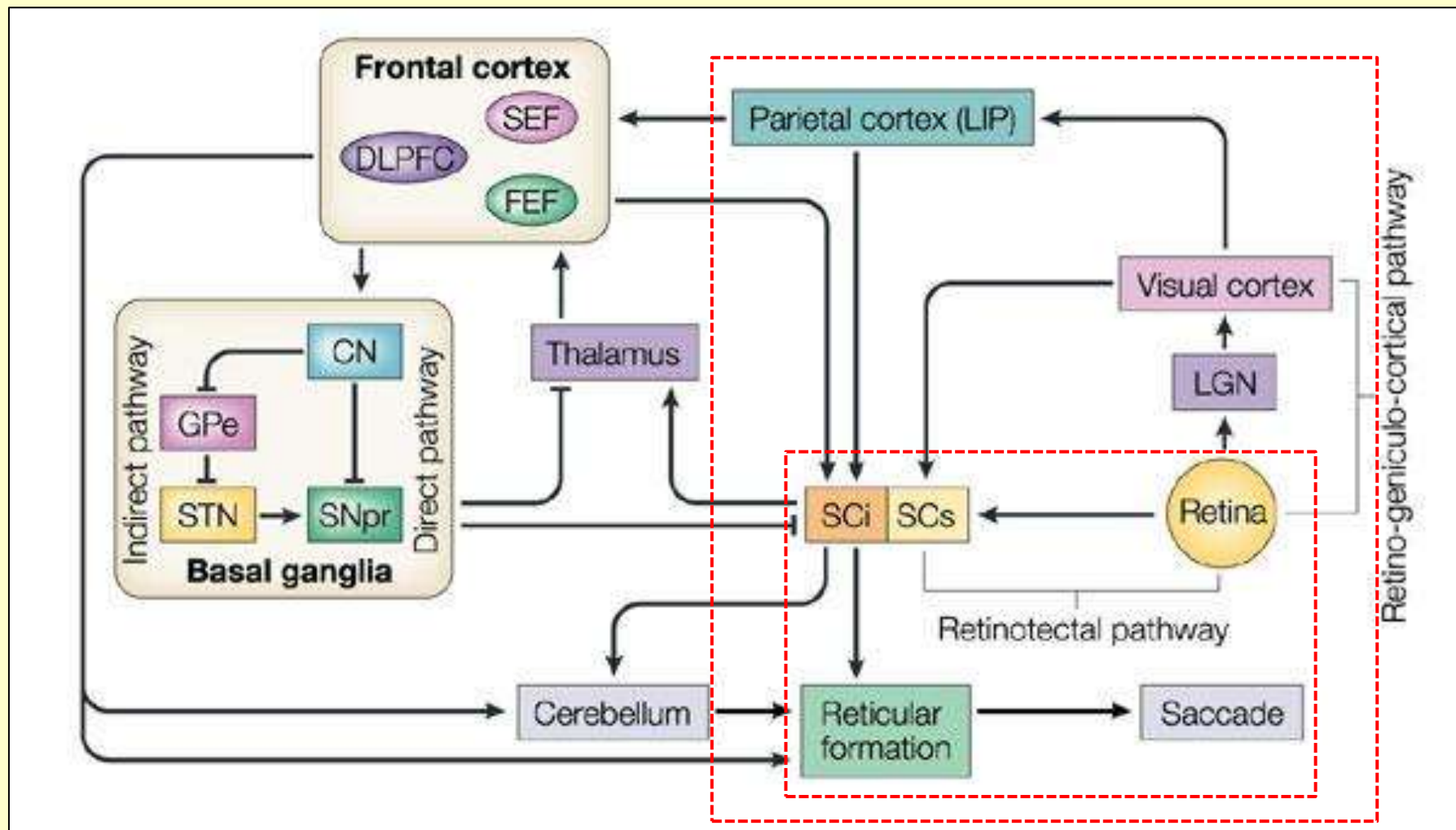
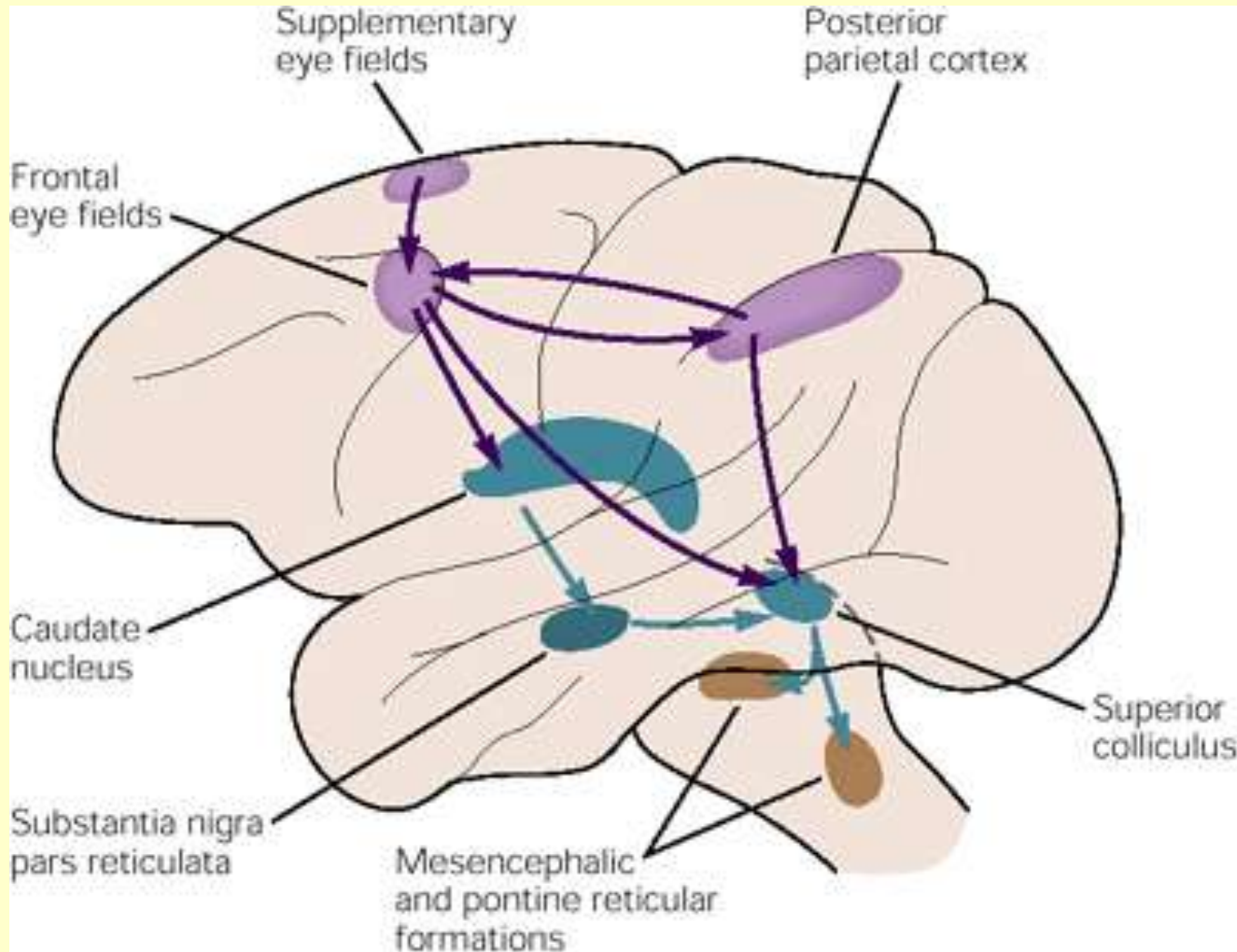


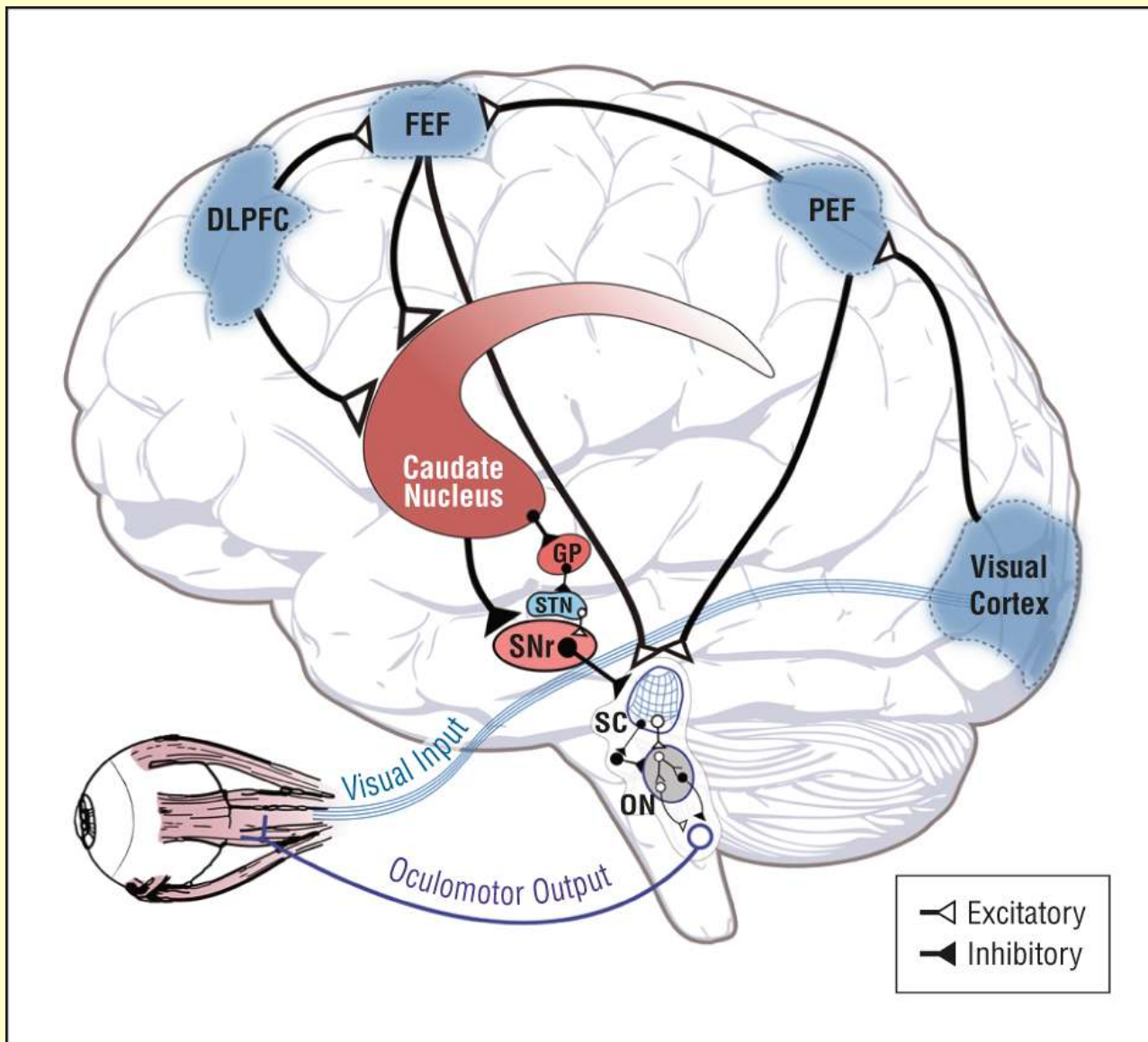
Схема управления движениями глаз



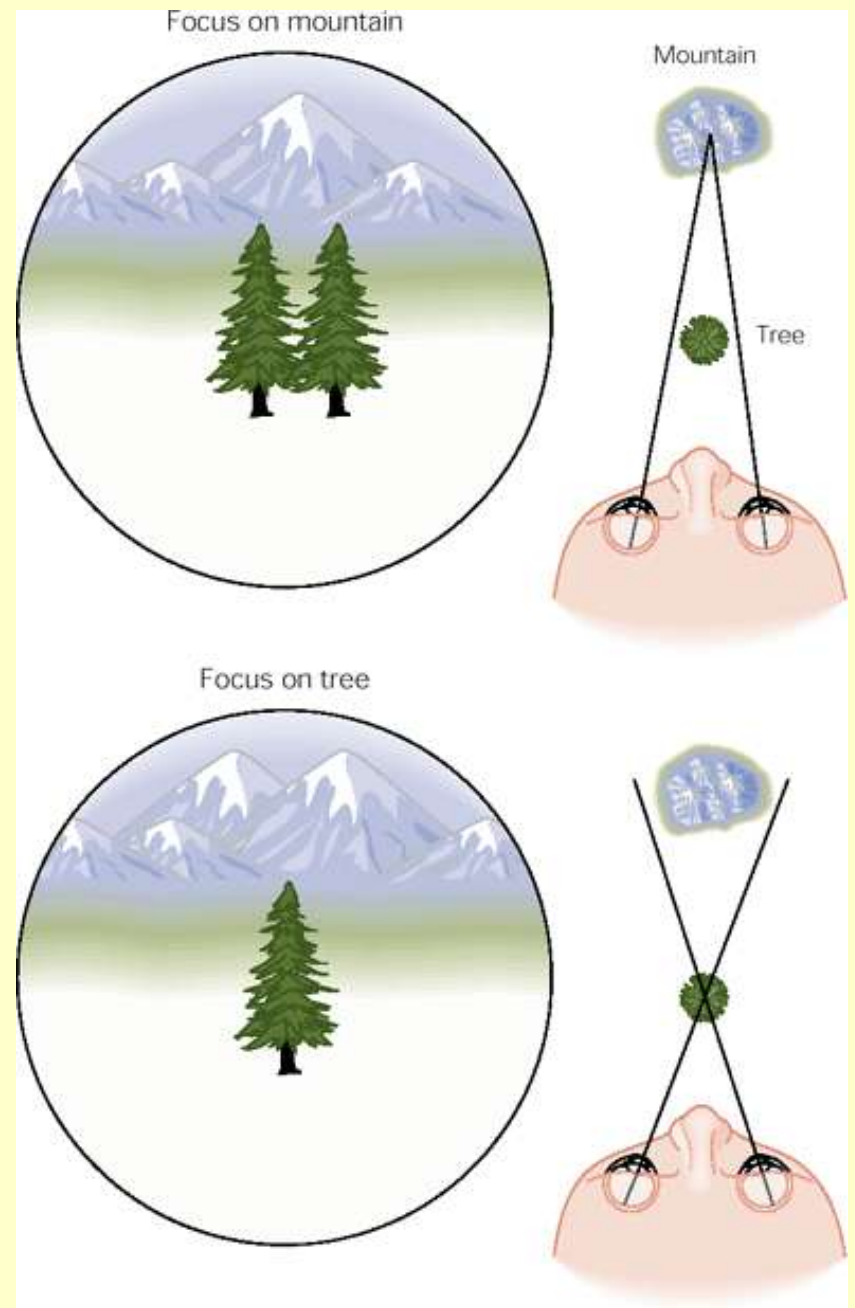
Мозговые центры, управляющие саккадическими движениями глаз у обезьян



Мозговые центры, управляющие саккадическими движениями глаз у человека



Пример вергентных движений



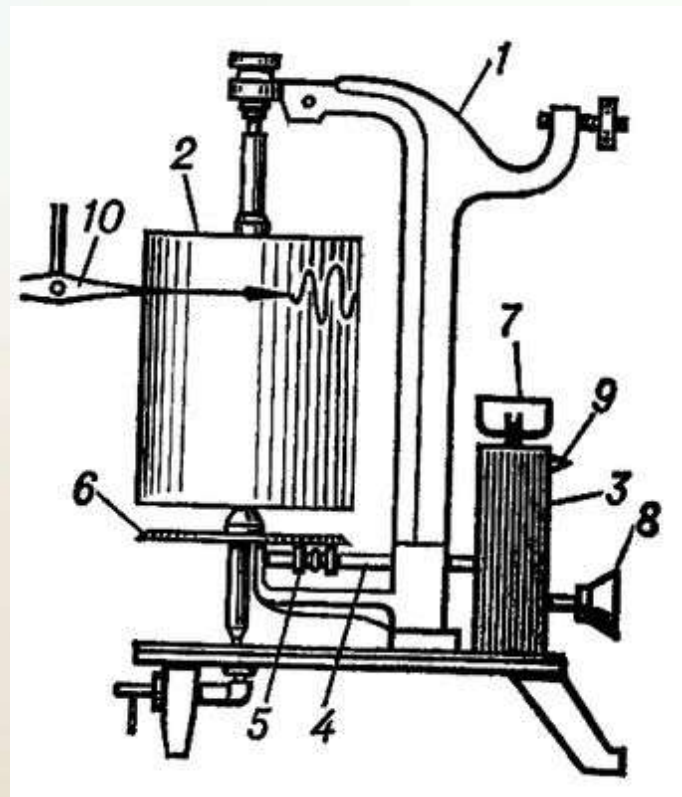
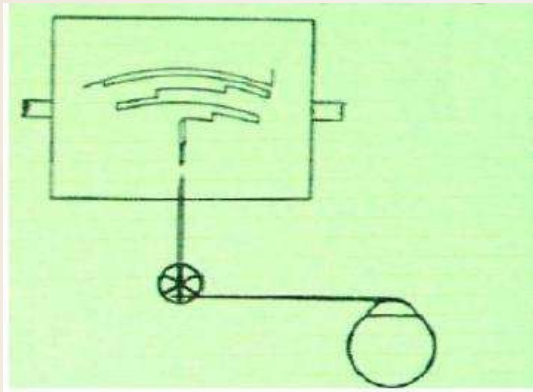
Механическая регистрация движений глаз: вековая история

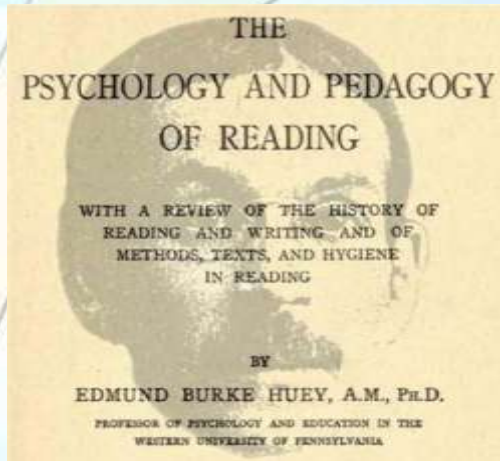
Untersuchun...
über die
Bewegung der
Augen beim
Schreiben ...

August Ahrens

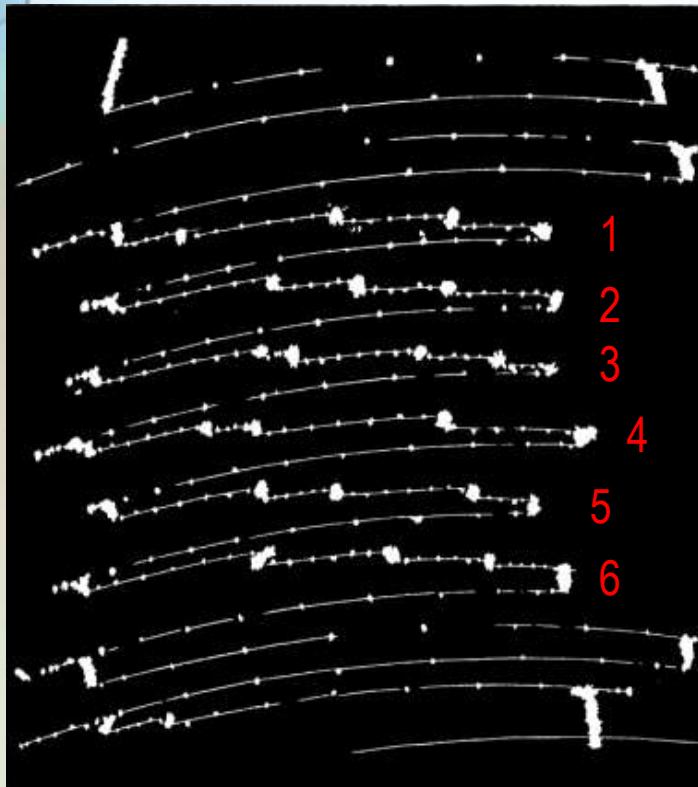
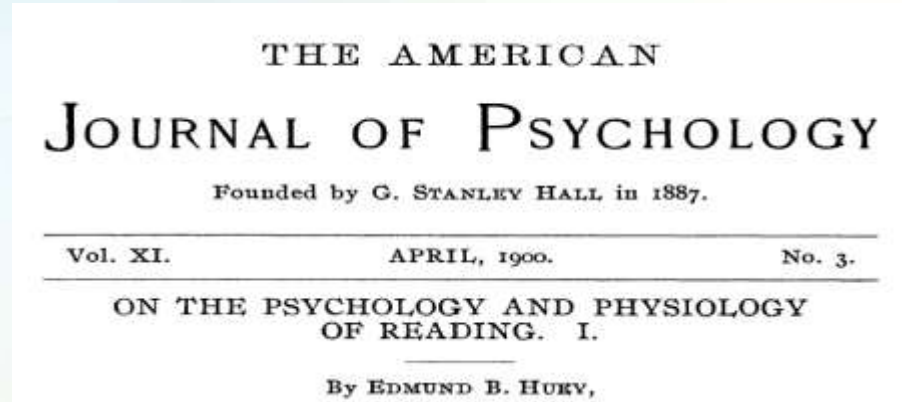
Untersuchungen über die Bewegung der Augen beim Schreiben

von *August Ahrens*. Rostock, C. Boldt, 1891





Механическая регистрация движений глаз: вековая история

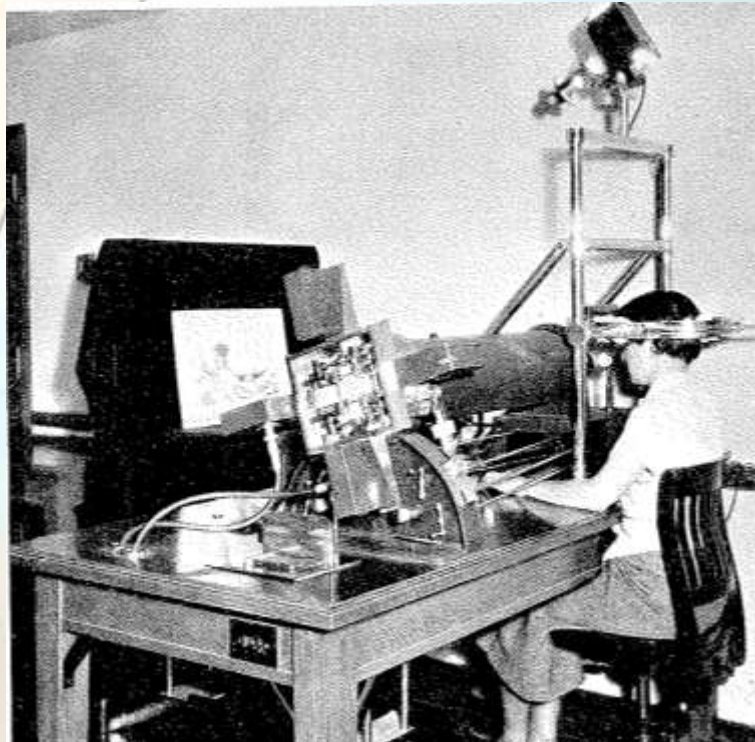


Движения глаз при чтении 6 строк (обозначены цифрами)

длина строк 98 мм на расстоянии 35,5 см (15 угл. град.)

малые точки - отметки времени 6,8 мс
большие точки - фиксации

Оптическая регистрация движений глаз: вековая история

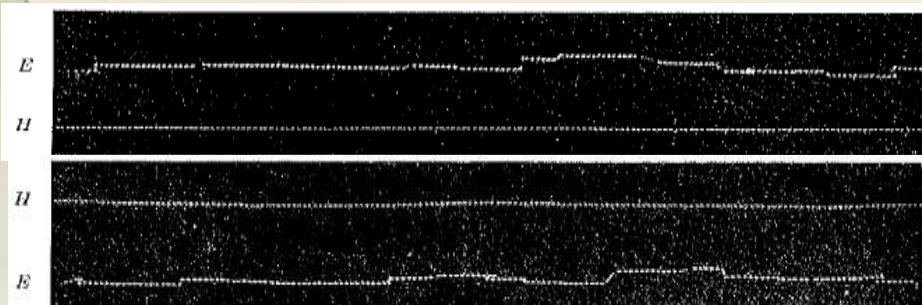
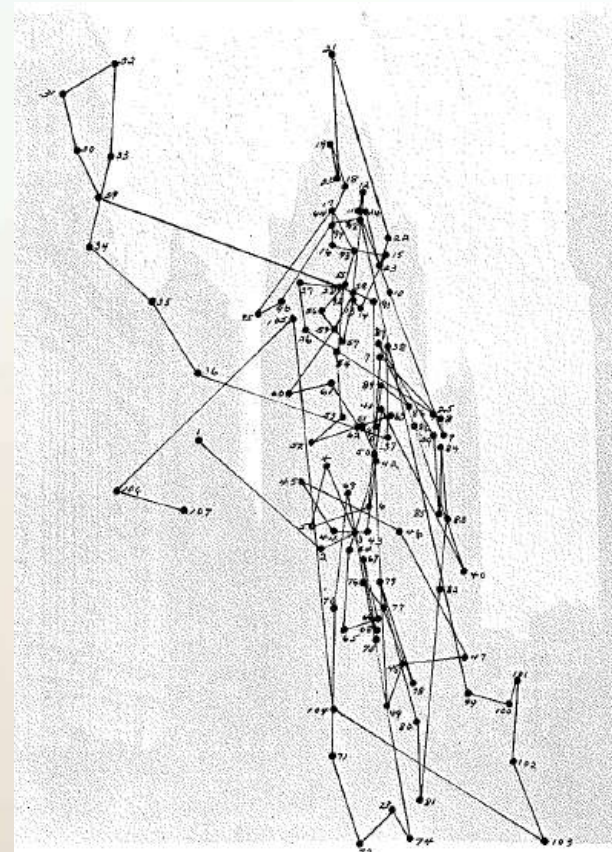


HOW PEOPLE LOOK AT PICTURES

A STUDY OF THE
PSYCHOLOGY OF PERCEPTION IN ART

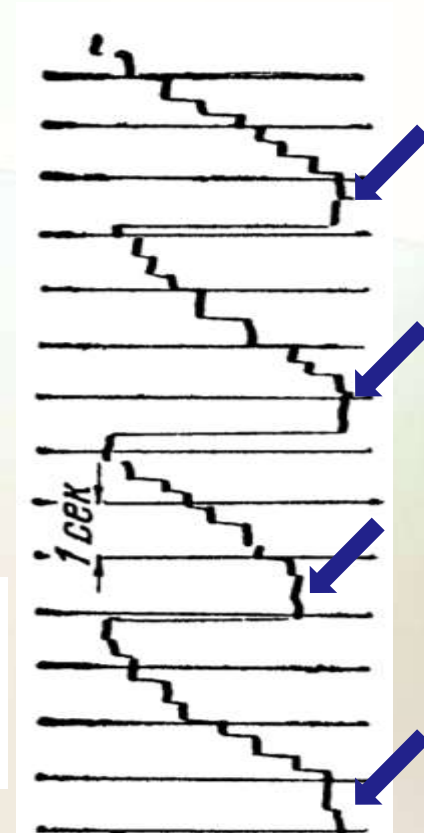
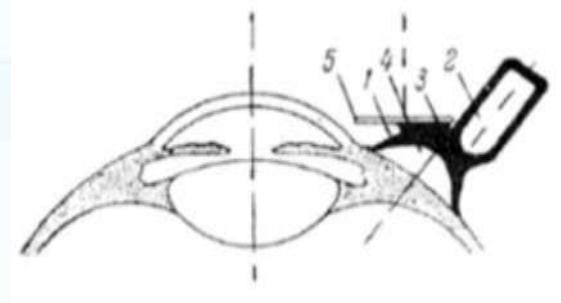
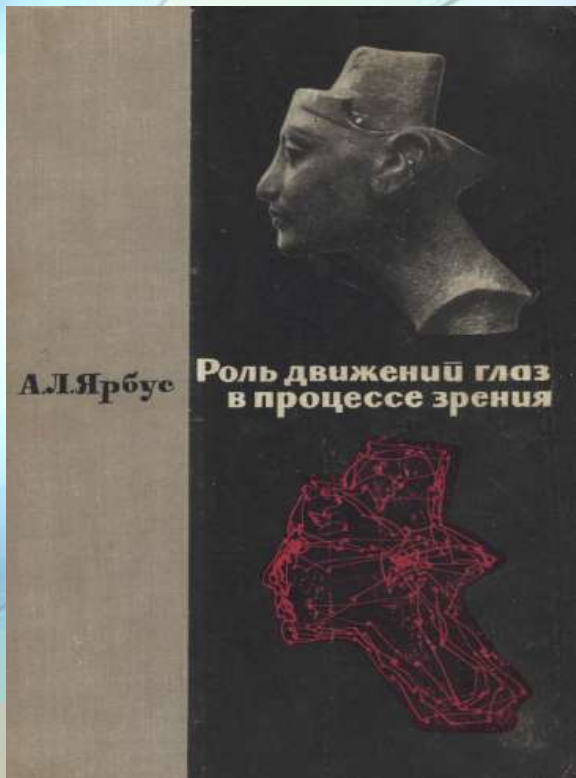
GUY THOMAS BUSWELL

1935



Частота регистрации - $1/30 \text{ с}^{-1}$

Оптическая регистрация движений глаз: полувековая история



АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» · МОСКВА 1965

В вы, мой стих не блещет новизной,
Разнообразьем перемен неожиданных.
Не поискать ли мне тропы иной,
Приемов новых, сочетаний странных?



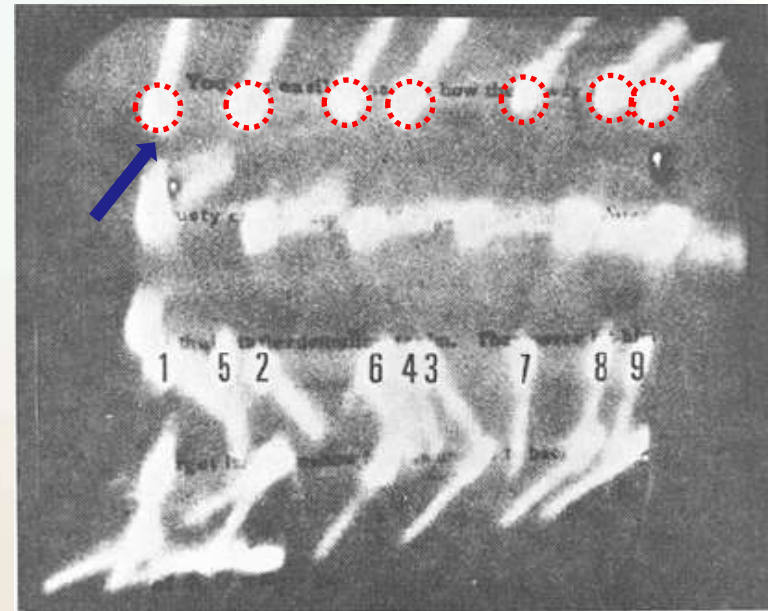
Оптическая регистрация движений глаз: полувековая история



A stand camera for line-of-sight recording¹

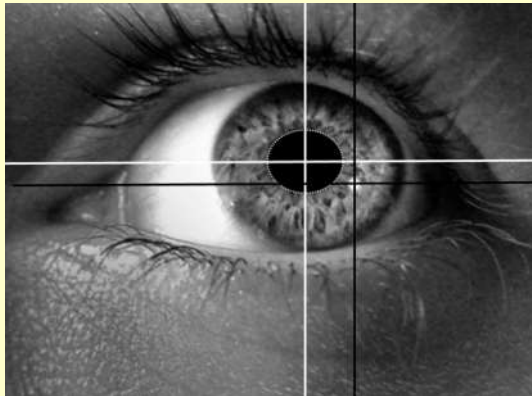
Perception & Psychophysics, 1967, Vol. 2

NORMAN H. MACKWORTH²
HARVARD UNIVERSITY

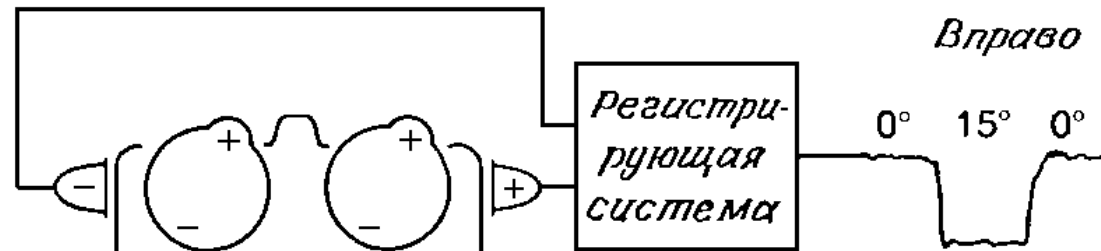
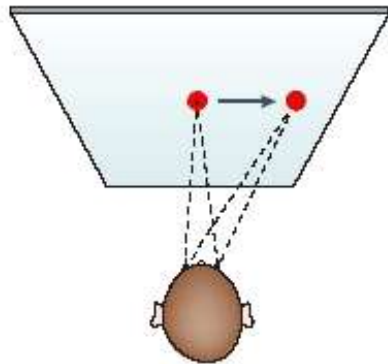
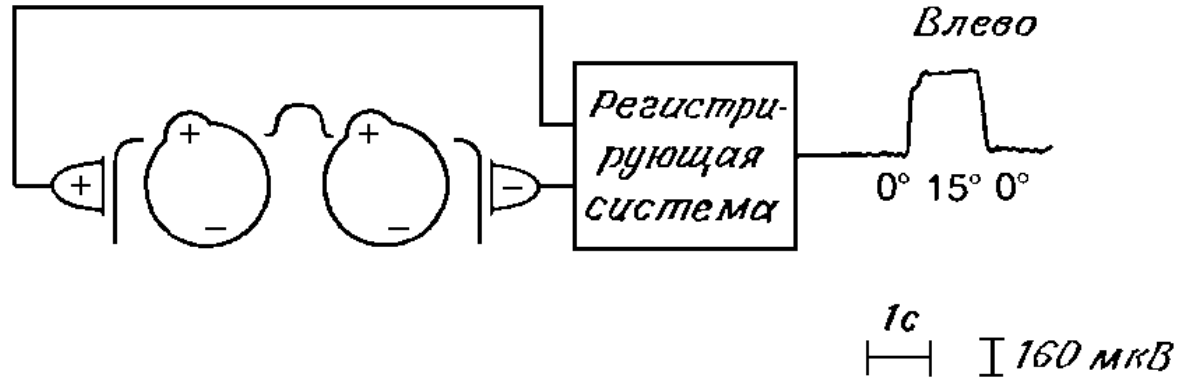
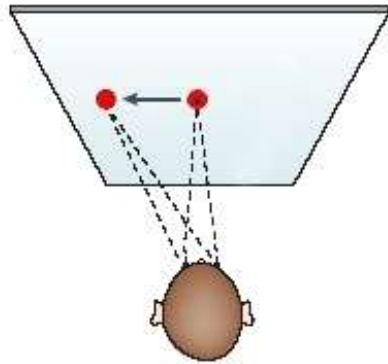


Длина пленки 400 футов - запись 30 мин. с частотой съемки 8 кадр/с

Цифровая регистрация движений глаз: современность



Электрическая регистрация движений глаз (электроокулография): во все времена



В основе этого метода лежит дипольное свойство глазного яблока: роговица имеет положительный заряд, а сетчатка отрицательный. Электрическая и оптическая оси глазного яблока практически совпадают, поэтому электроокулограмма может служить показателем направления взгляда.

Электроды для регистрации электроокулограммы



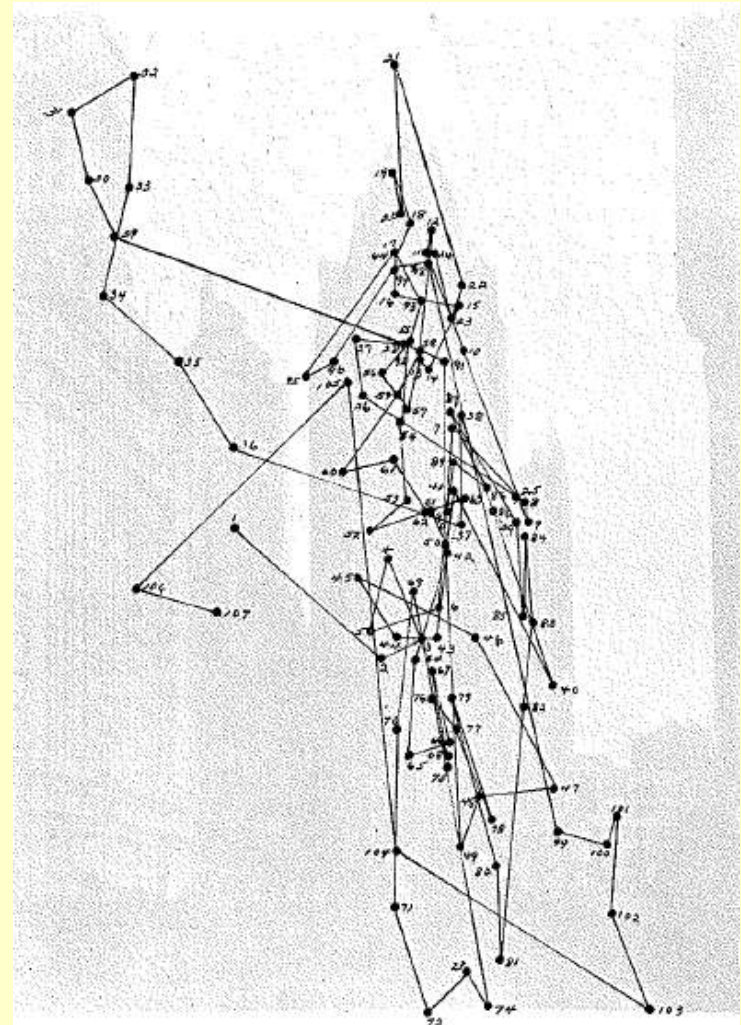
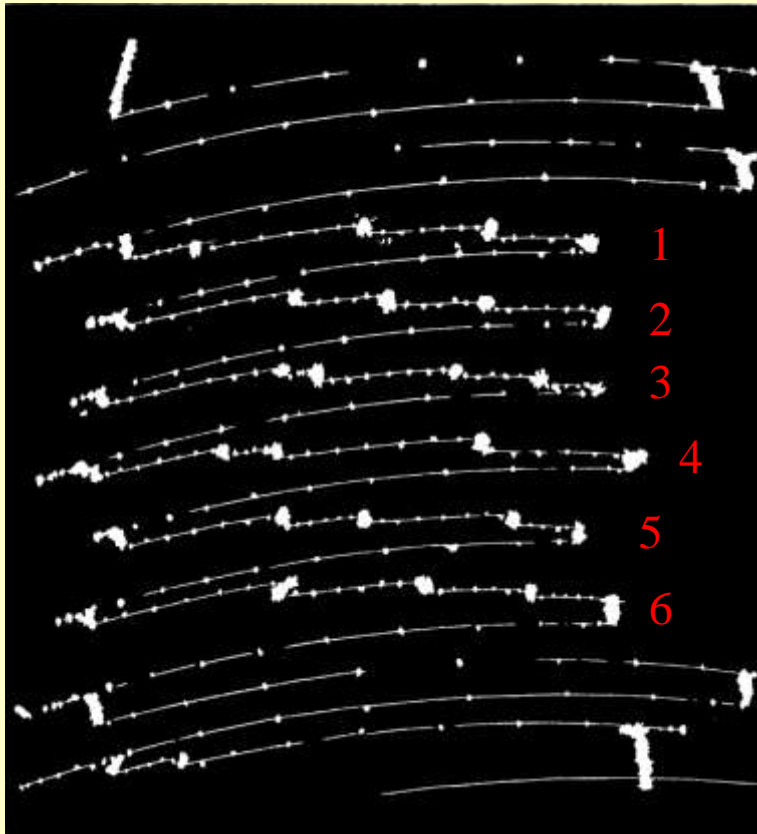
Чашечковые хлорсеребряные электроды заполняют электропроводным гелем и размещают на поверхности кожи вблизи глазных впадин.

Способы регистрации электроокулограммы

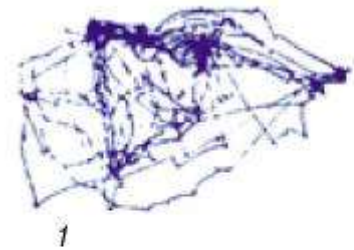


- 1-2 – бинокулярный способ регистрации горизонтальной составляющей взора
- 2-3 – монокулярный способ регистрации горизонтальной составляющей взора
- 4-5 – монокулярный способ регистрации вертикальной составляющей взора

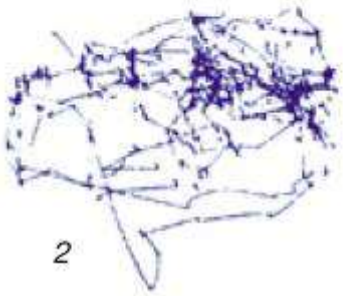
Трекинг в науке



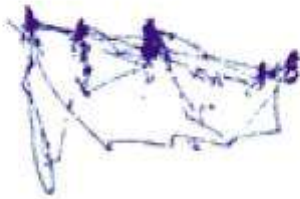
Внимание и движения глаз



1



2



3



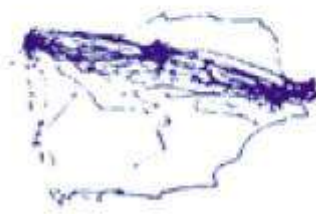
4



5



6



7

Произвольное внимание управляет глазодвигательной системой, обеспечивающей поиск зрительных объектов для их распознавания и восприятия.

Паттерны движений нормального испытуемого глаз варьируют в зависимости от зрительной задачи (указаны числами, по Б.А. Карпову и А.Л. Ярбусу)

Особенности движений глаз при разных задачах

свободное рассматривание



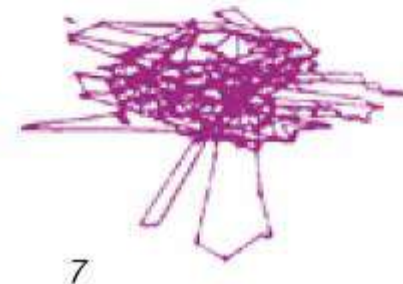
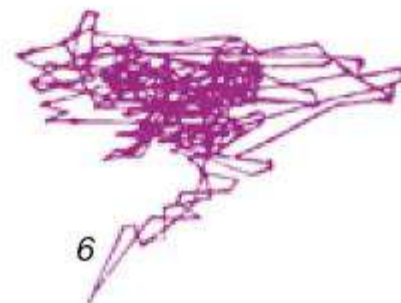
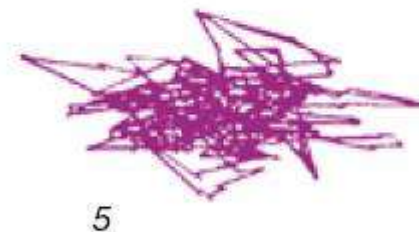
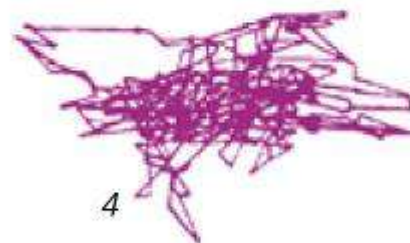
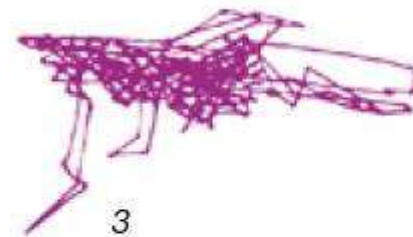
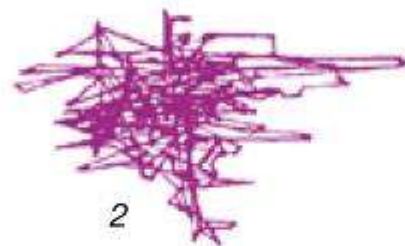
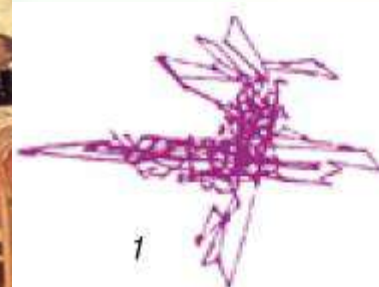
инструкция: определить возраст персонажей



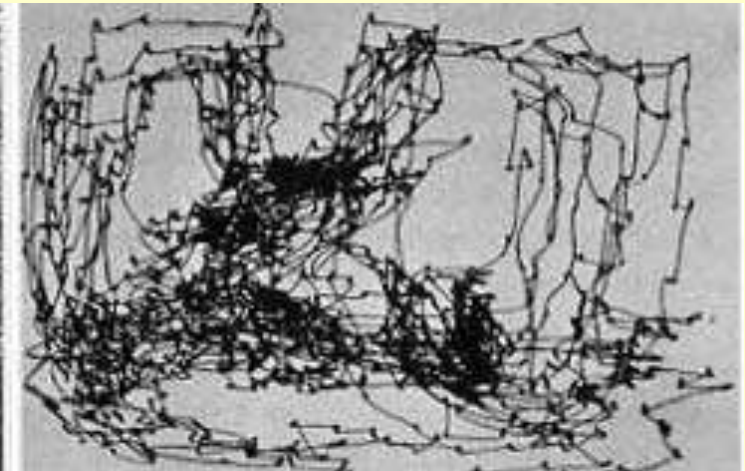
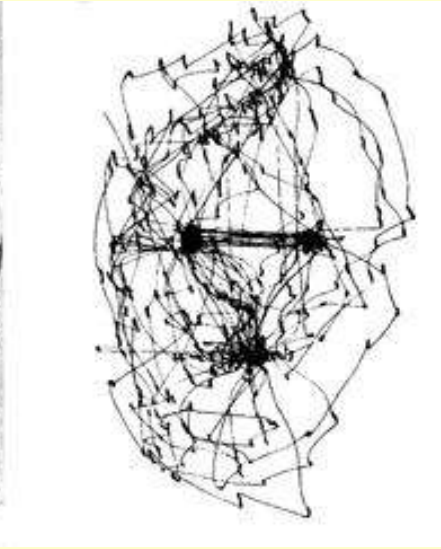
Внимание и движения глаз

Произвольное внимание нарушается у больного с массивным поражением лобных долей, что приводит к нарушению управления глазодвигательной системой

Паттерны движений глаз при поражении лобных долей хаотичны и не зависят от зрительной задачи (по Б.А. Карпову и А.Л. Ярбусу)



Эксперименты А.Л. Ярбуса: взор сканирует неоднородности зрительной сцены



Что мы видим во время фиксации

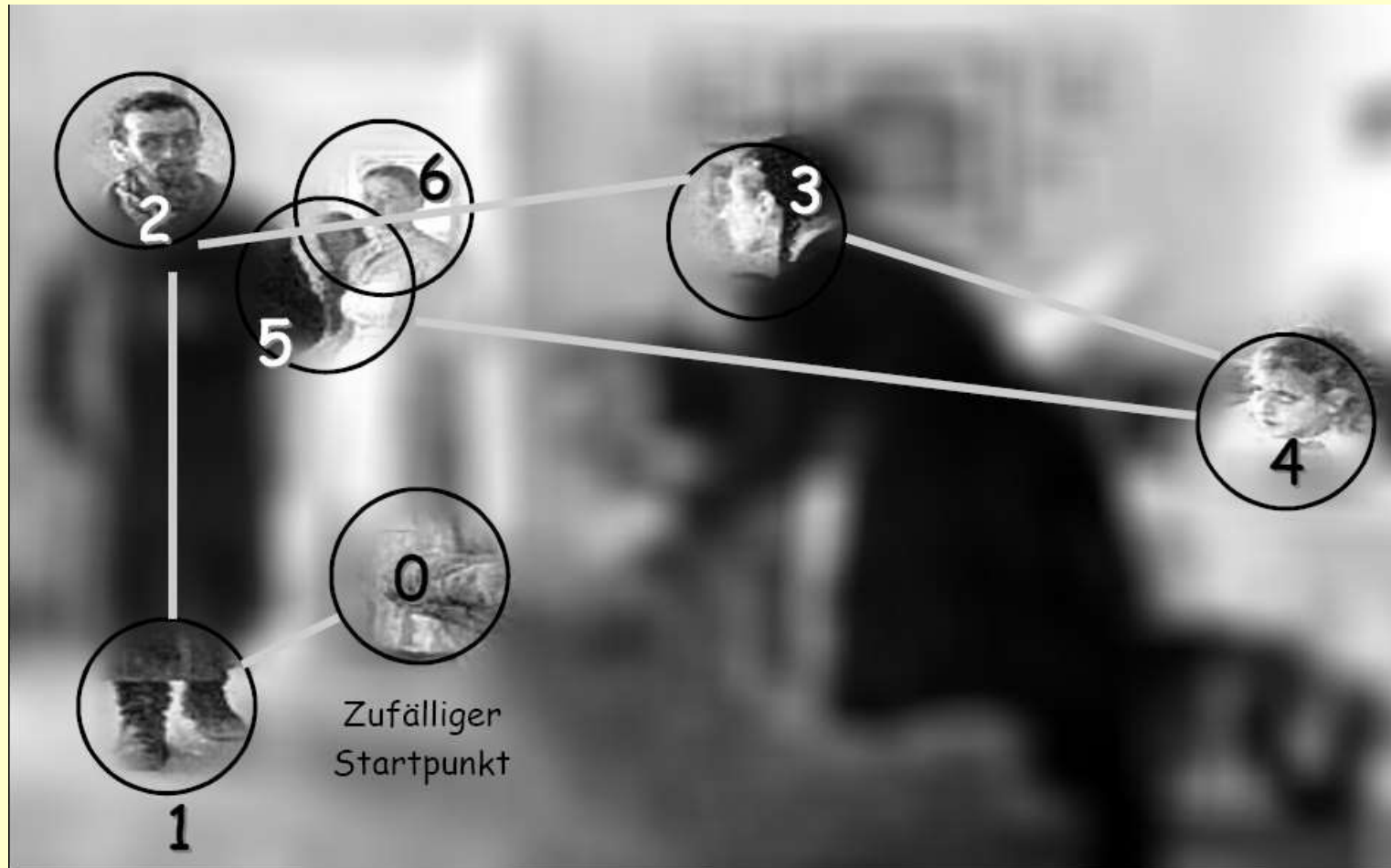
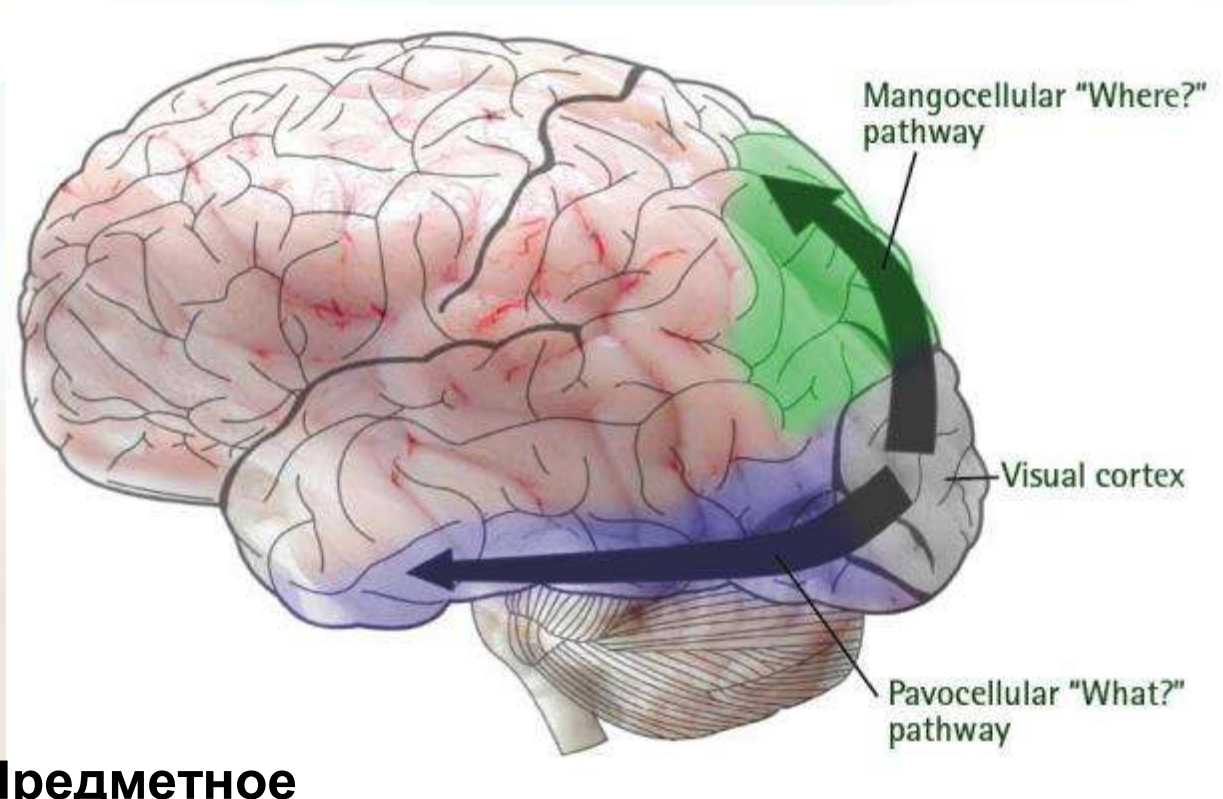


Bild 11: Foveale Ergänzung durch die ersten 6 Fixationen (nach Daten von *Yarbus, 1967*)

Две подсистемы зрения

Пространственное
динамическое зрение,
ambient processing



Предметное
статическое зрение,
focal processing

Два режима зрения

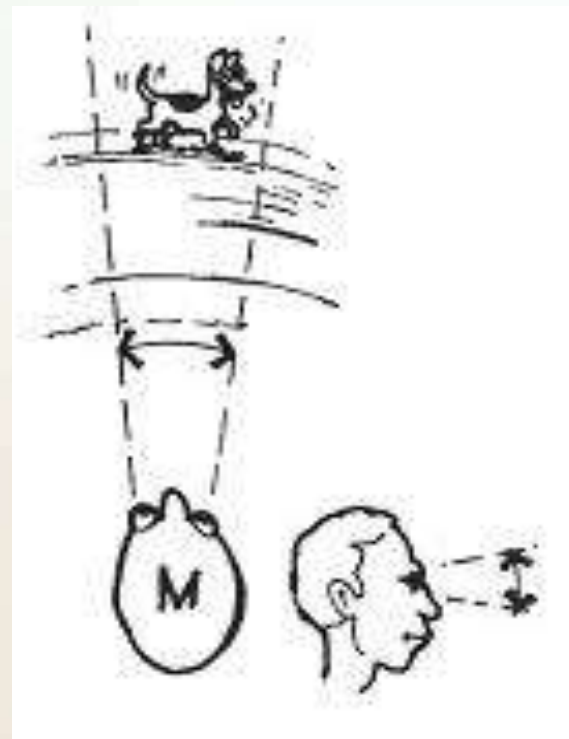
пространственная обработка

динамическое зрение,
ambient processing



распознавание объектов

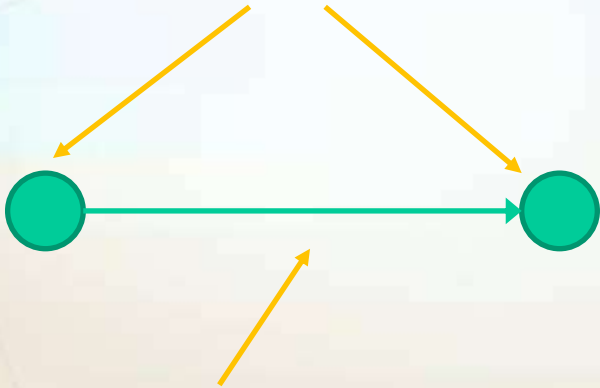
статическое зрение,
focal processing



Два режима (две моды) зрения

динамическое зрение

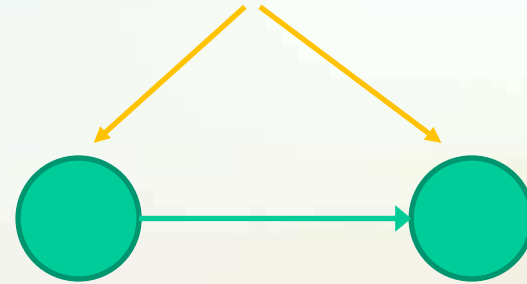
длительность фиксации
<180 мс



амплитуда саккад > 6 град.

статическое зрение

длительность фиксации
>180 мс



амплитуда саккад < 6 град.

Функции:

динамическое зрение – быстрое сканирование зрительной сцены

статическое зрение – распознавание тонких деталей зрительных объектов

Два режима зрения

THE TIME COURSE OF PICTURE VIEWING¹

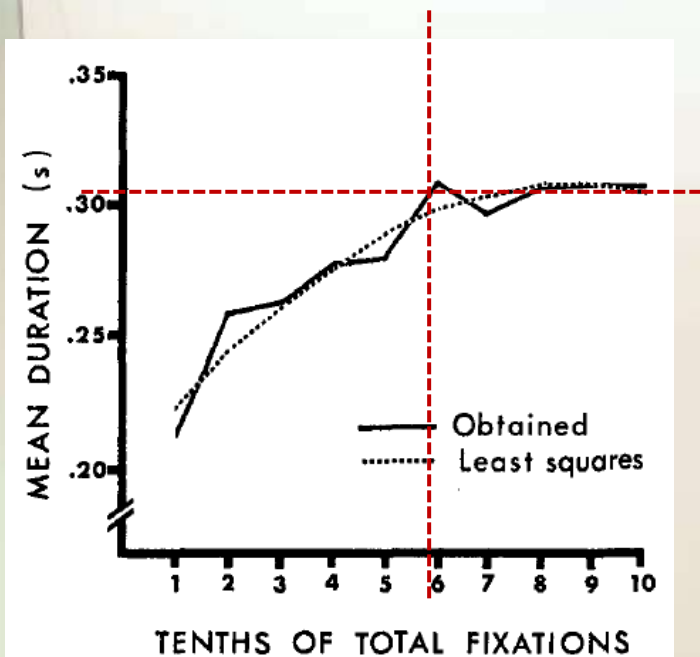
JAMES R. ANTES²

Journal of Experimental Psychology
1974, Vol. 103, No. 1, 62-70

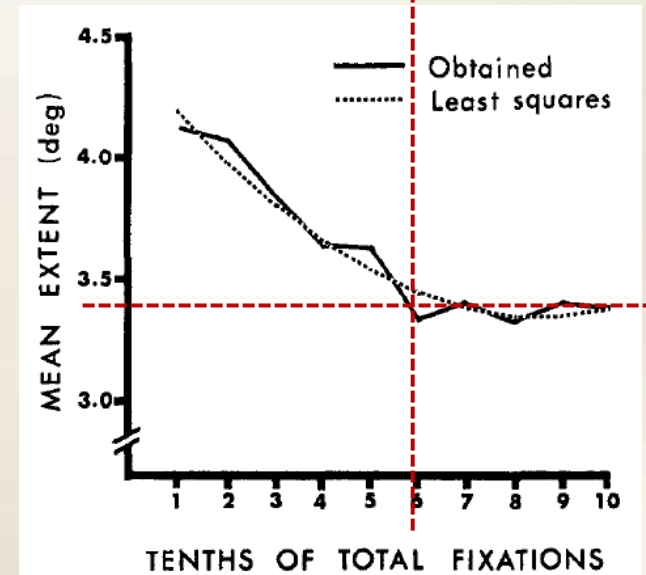
Слева от вертикального пунктира – режим динамического зрения, справа – режим статического зрения



Длительность фиксации



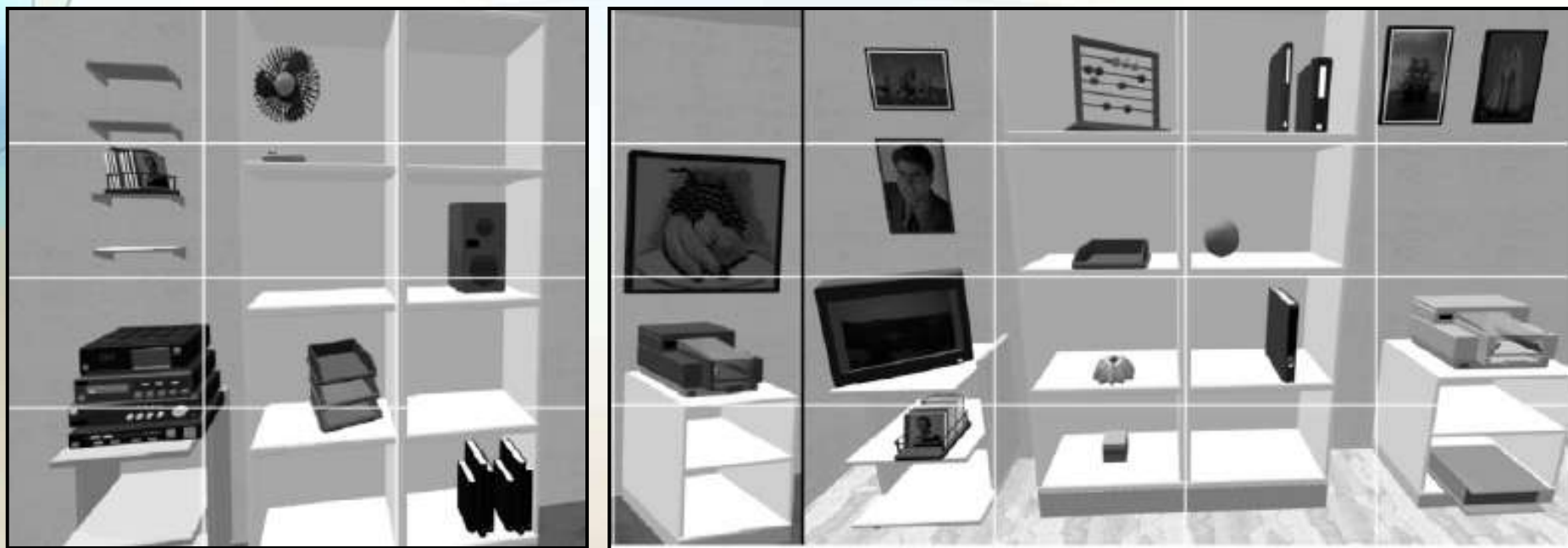
Амплитуда саккад



Два режима зрения

Эксперименты из работы Unema et al., 2005

Экспозиция 20 с



После выводили сообщение и просили ответить «да/нет»:

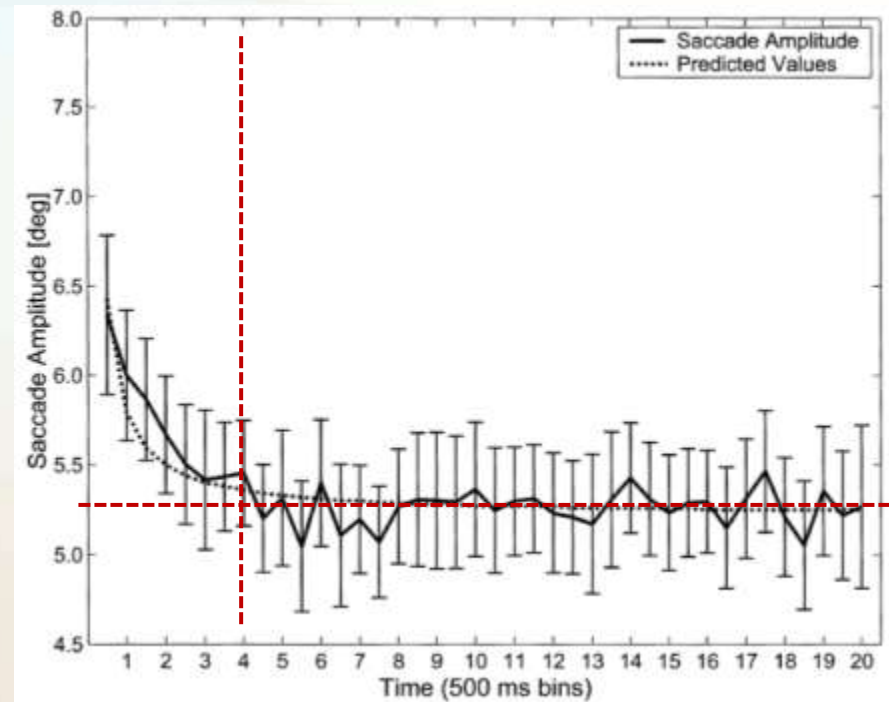
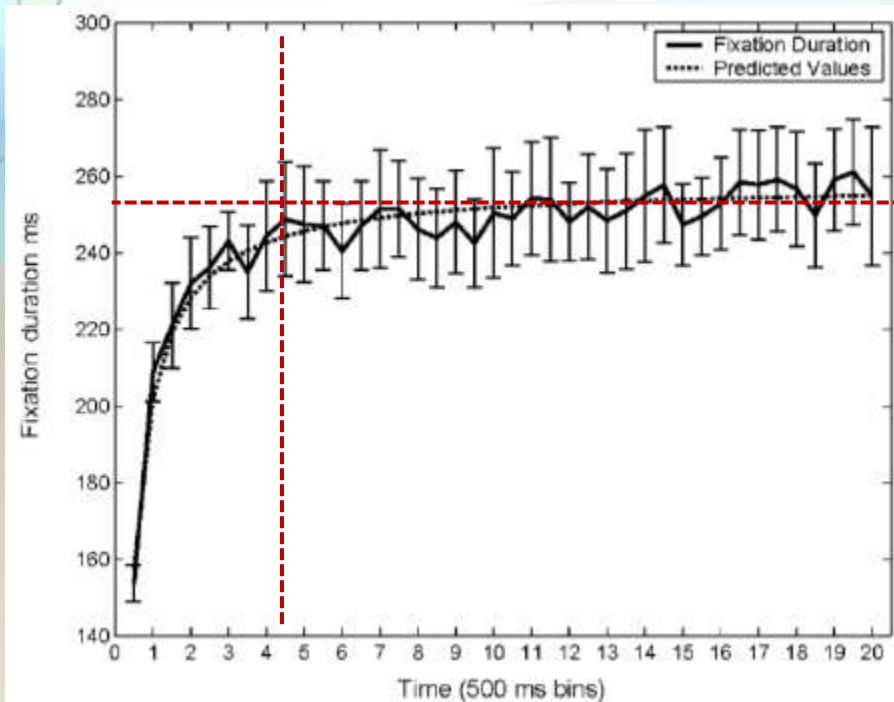
«в левой части было больше предметов» - «пространственный» тип вопроса
«справа вверху висела картина» - «предметный» тип вопроса

Два режима зрения

Длительность фиксации (мс)

Амплитуда саккад (град.)

в зависимости от времени экспозиции (с)



В течение 4 с наступает «насыщение» параметров.

В начале экспозиции доминирует режим динамического зрения.

После 4 с начинает доминировать режим статического зрения.



**Конфигурация трека
движений глаз
зависит от задачи**

Произвольный
просмотр

Определить
эпоху





Произвольный
просмотр

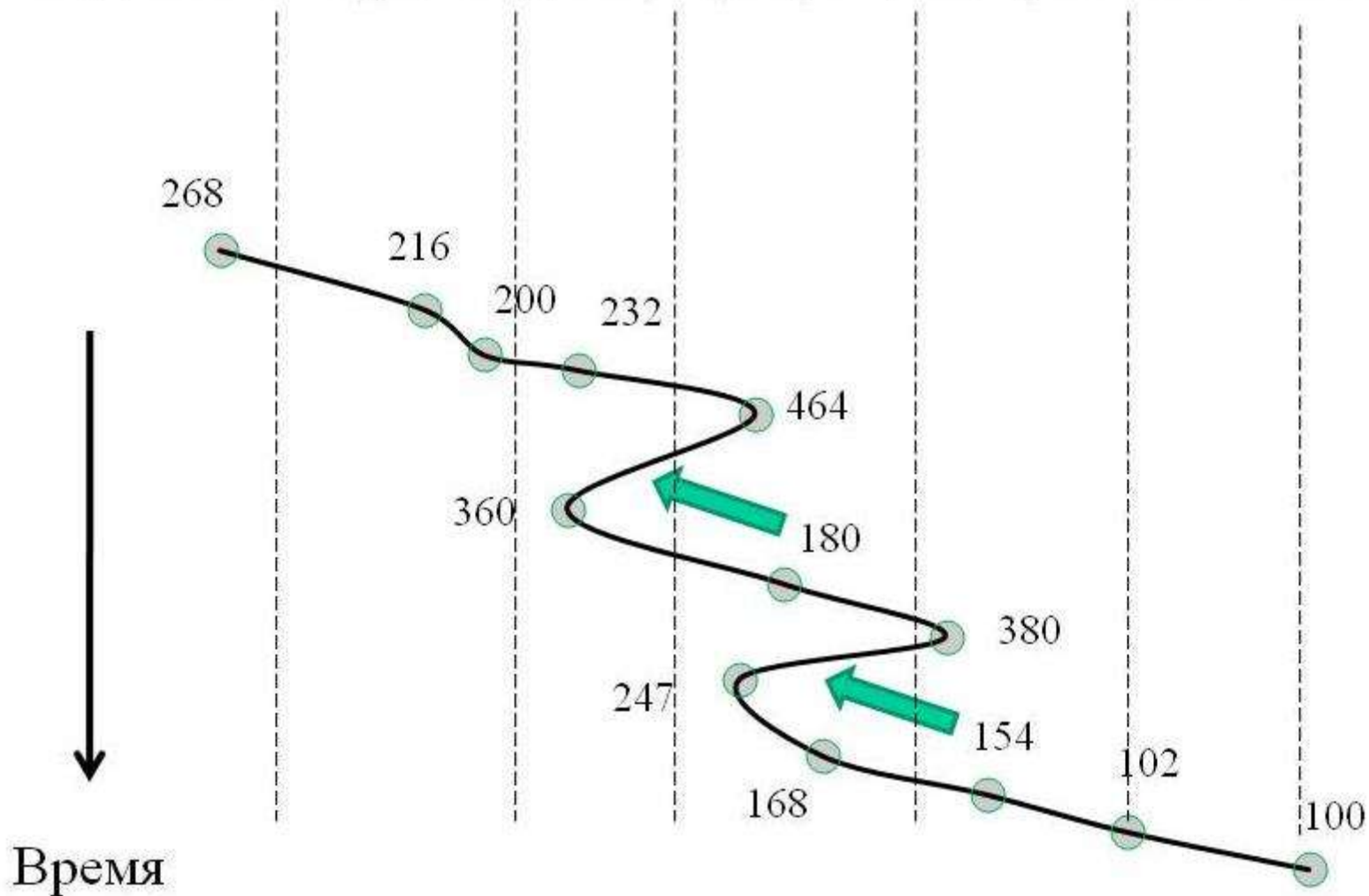
Поиск лодок



Чтение текстов

(точки соответствуют фиксациям, числа – их длительности, мс)

Садовник встретил дочку кухарки, которая пошла в школу.

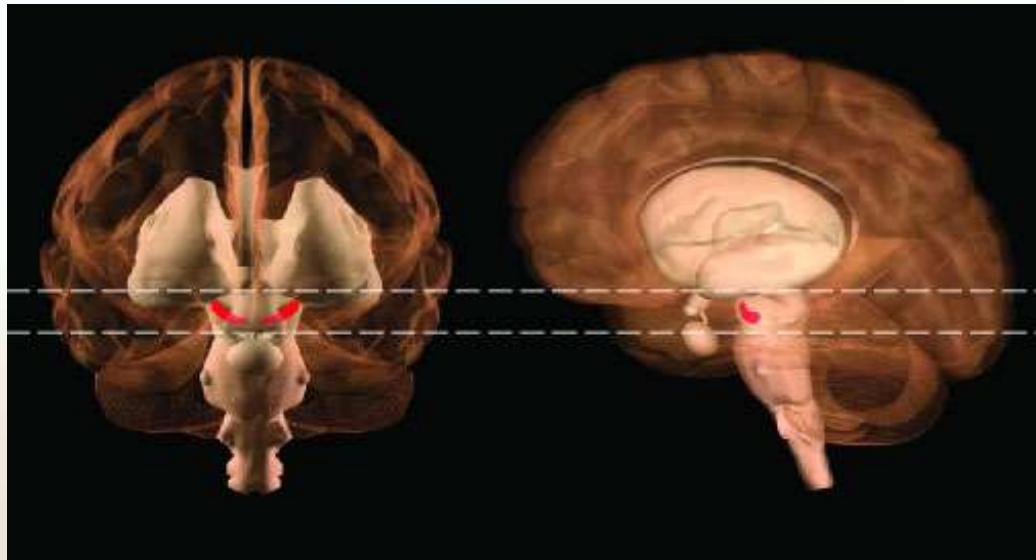


Трекинг в медицине

БОЛЕЗНЬ ПАРКИНСОНА

Патогенез болезни Паркинсона

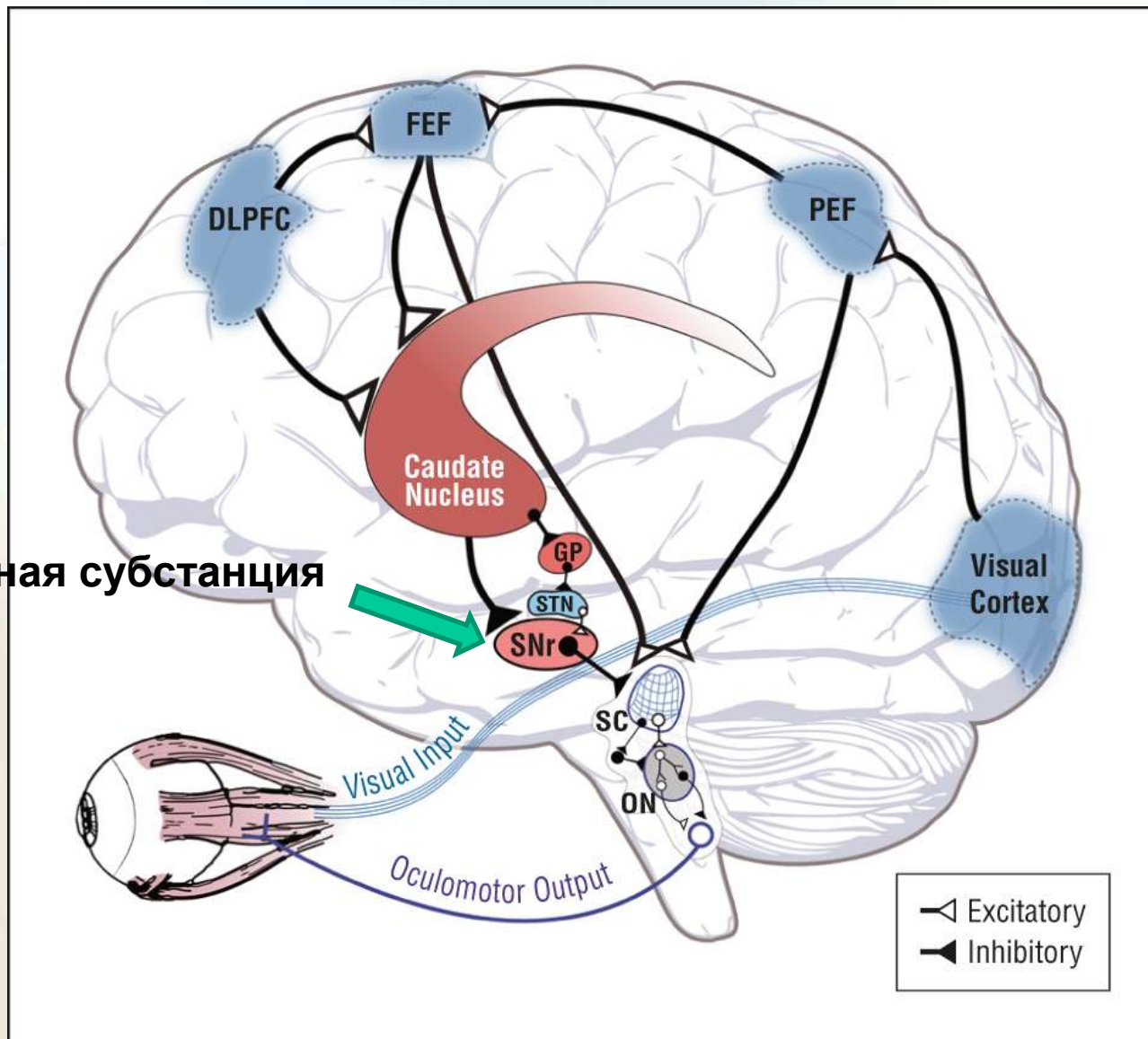
Патогенез (от греч. *pathos* - болезнь и *genesis* - зарождение, происхождение) - механизмы развития, течения и исхода болезни.



В основе патогенеза болезни Паркинсона лежит повреждение и дегенерация нейронов черной субстанции, синтезирующих медиатор – **дофамин**.

Мозговые центры, управляющие саккадическими движениями глаз у человека

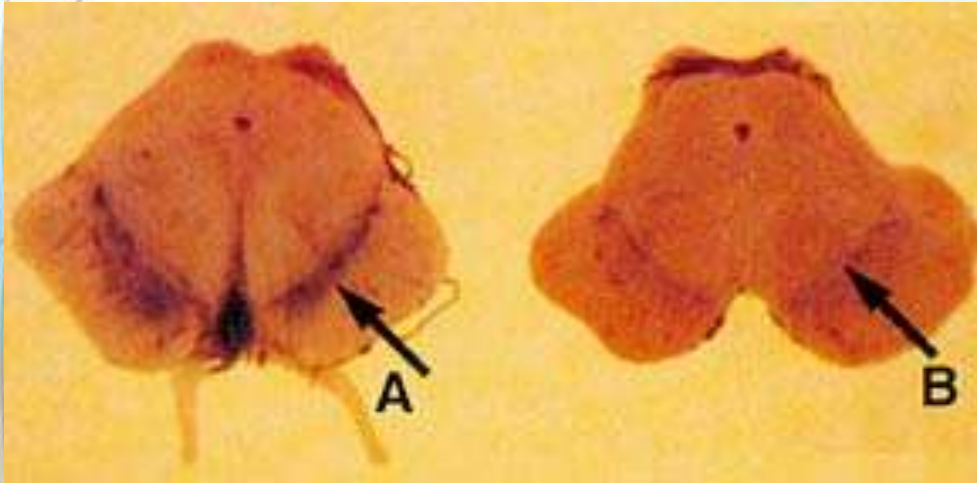
черная субстанция



Морфологические изменения при болезни Паркинсона

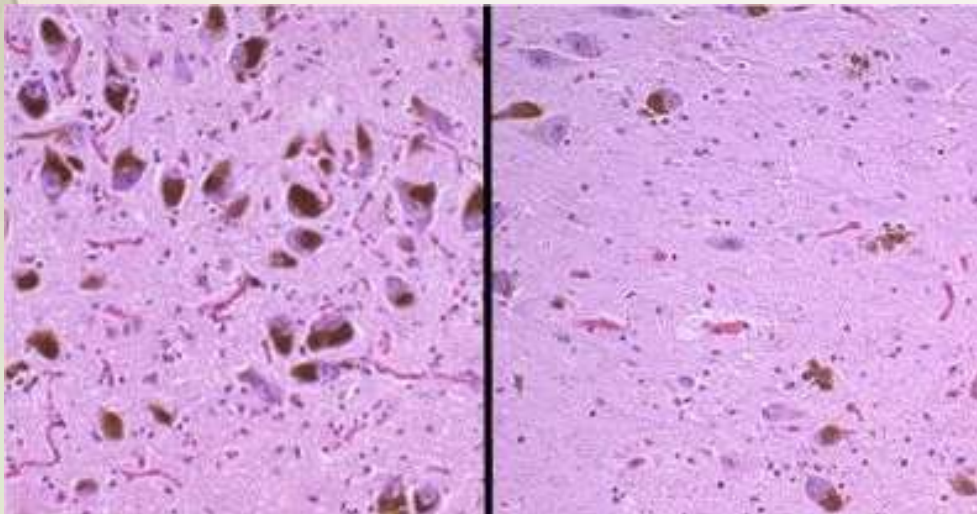
Норма

Болезнь
Паркинсона



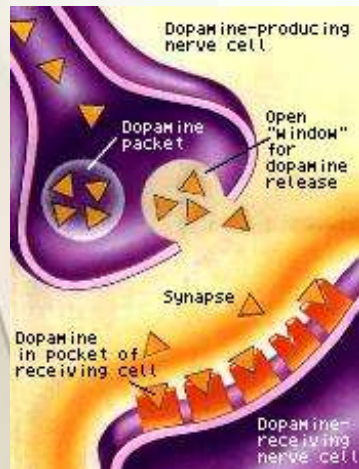
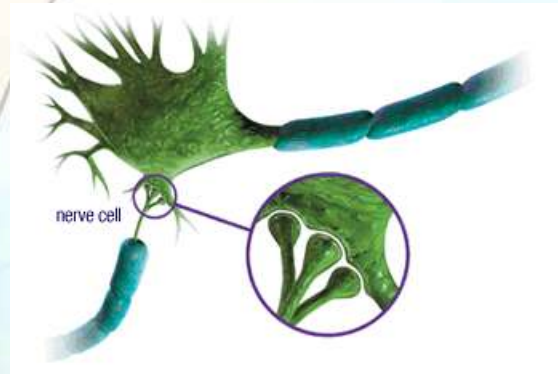
Нарушение пигментации черной
субстанции у пациентов с болезнью
Паркинсона

(Яхно, Хатиашвили, 2002)



Во время доклинической стадии
болезни Паркинсона число
дофаминергических нейронов в
черной субстанции уменьшается с
500 000 до 100 000.

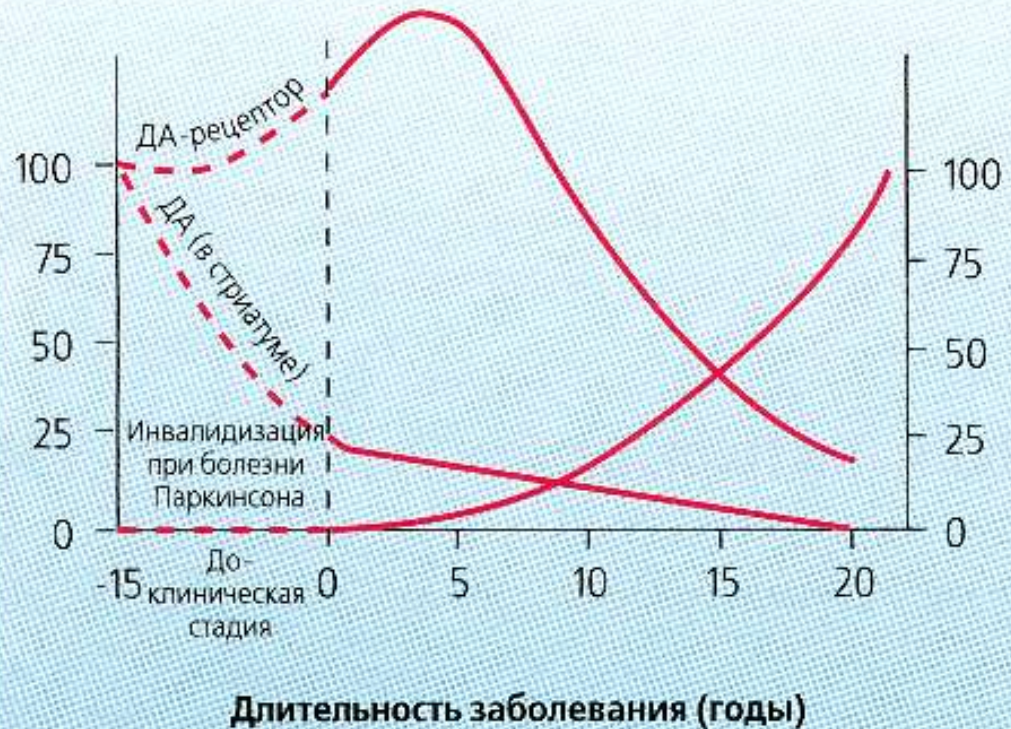
Патофизиологические изменения при болезни Паркинсона



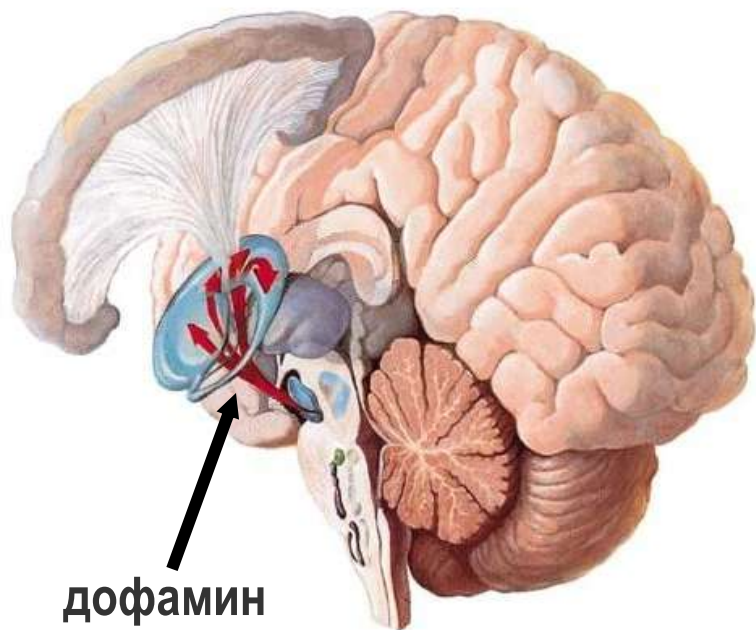
Динамика изменений при болезни Паркинсона

Биохимические и патофизиологические показатели (% от нормы)

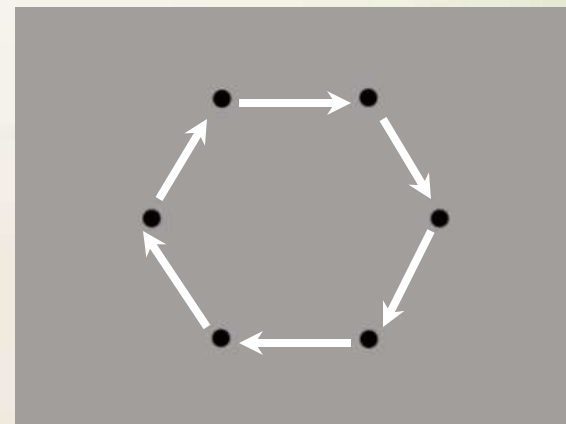
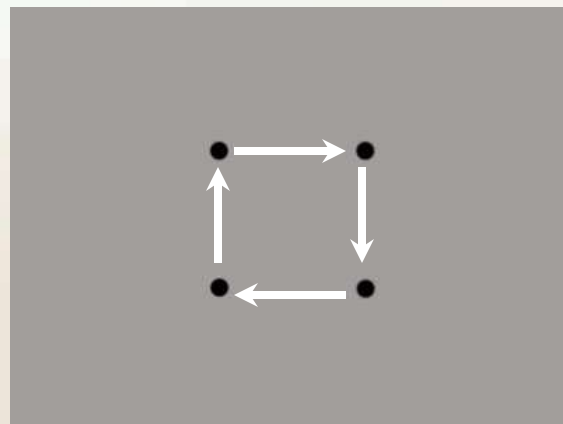
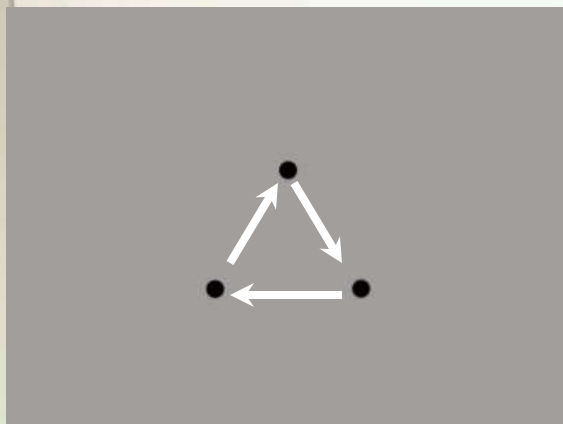
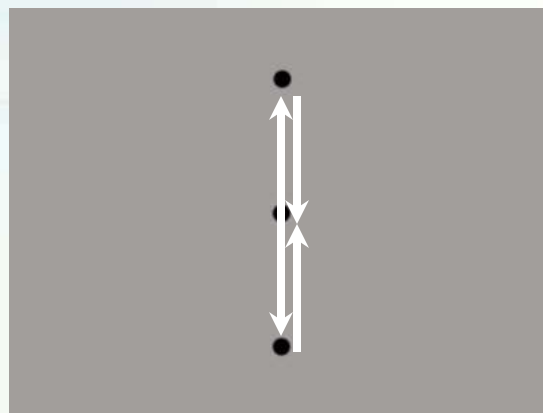
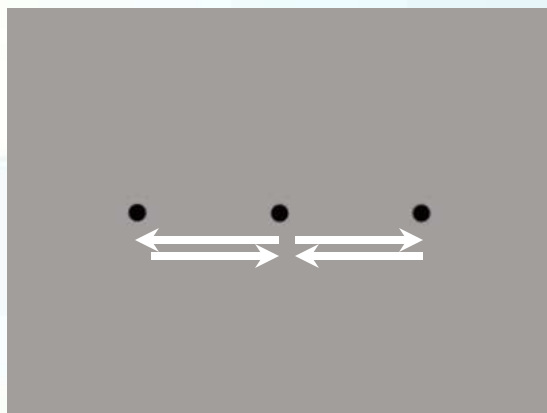
Инвалидизация при болезни Паркинсона (%)



Роль дофамина в регуляции двигательной активности

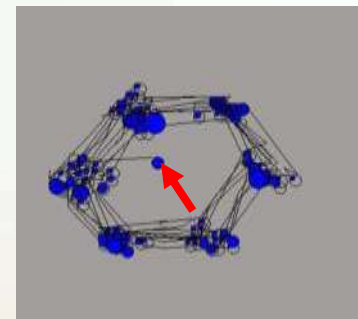


Видеоокулография



Движения глаз при болезни Паркинсона

Затруднения в самом начале задания: пациентам трудно выполнить первую саккаду.



● – длительность фиксации

Увеличивается продолжительность фиксации на зрительных объектах.

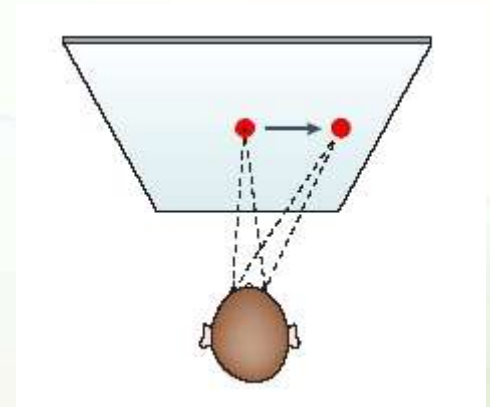
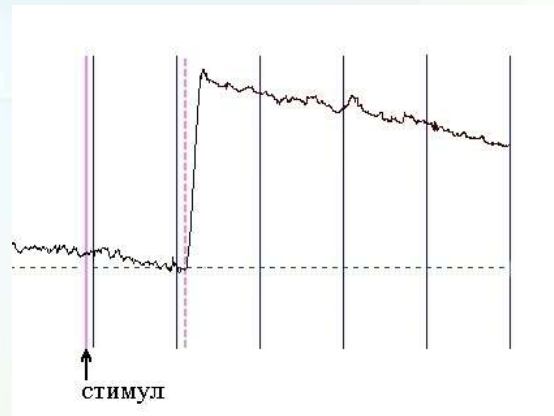


Движения глаз при болезни Паркинсона

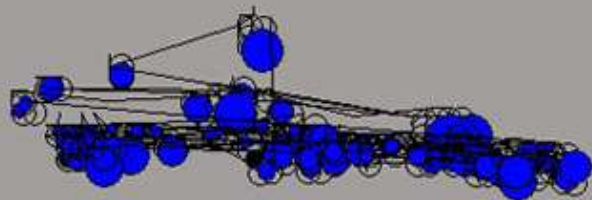
- – длительность фиксации
- – саккада



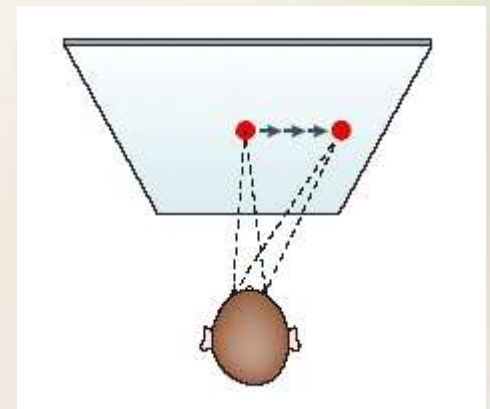
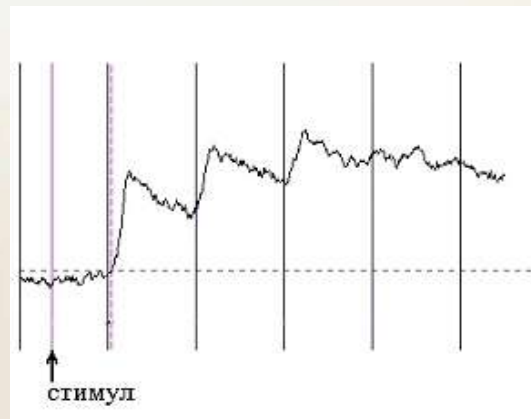
Здоровый испытуемый без неврологической симптоматики, 65 лет



Электроокулограмма



Пациент с болезнью Паркинсона, 58 лет

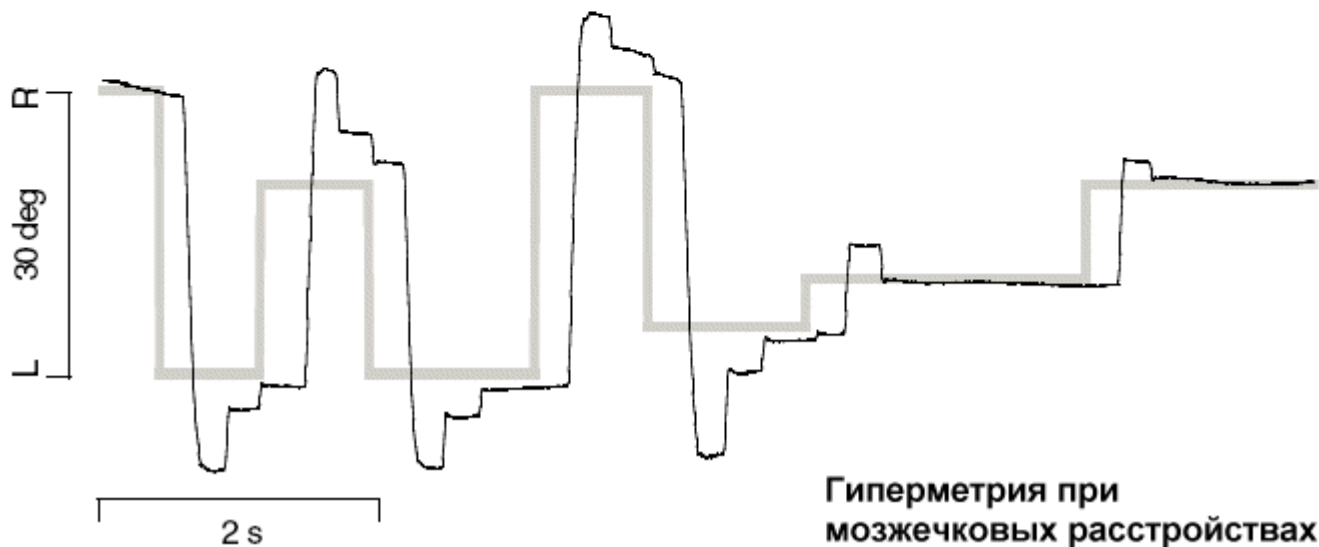
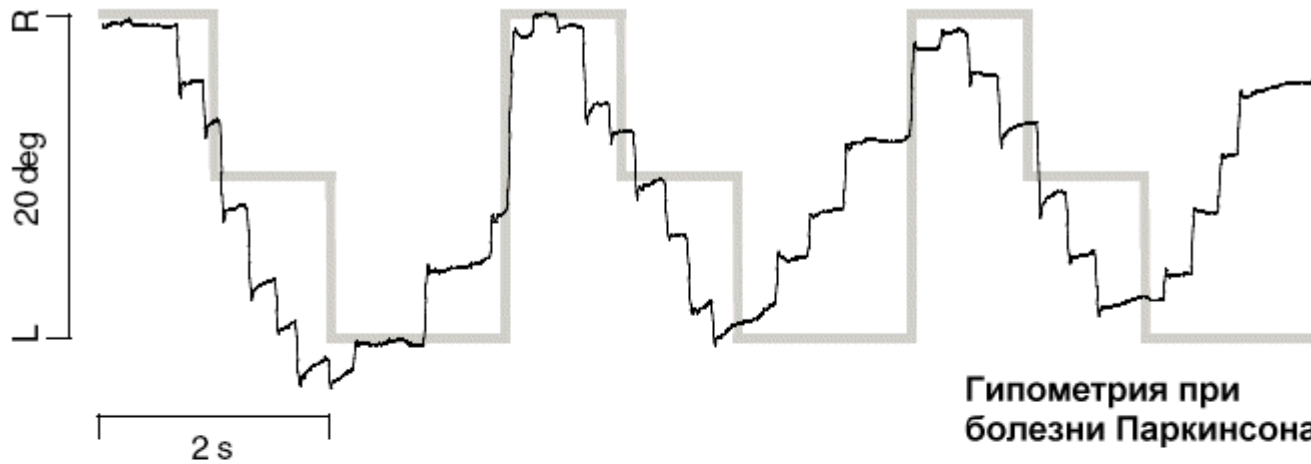


Для пациентов с болезнью Паркинсона характерны **гипометричные саккады**, глаз достигает цели несколькими скачками.

ГИПОМЕТРИЯ И ГИПЕРМЕТРИЯ

рисунок из статьи MacAskill, Anderson, Jones, 2002
Saccadic adaptation in neurological disorders

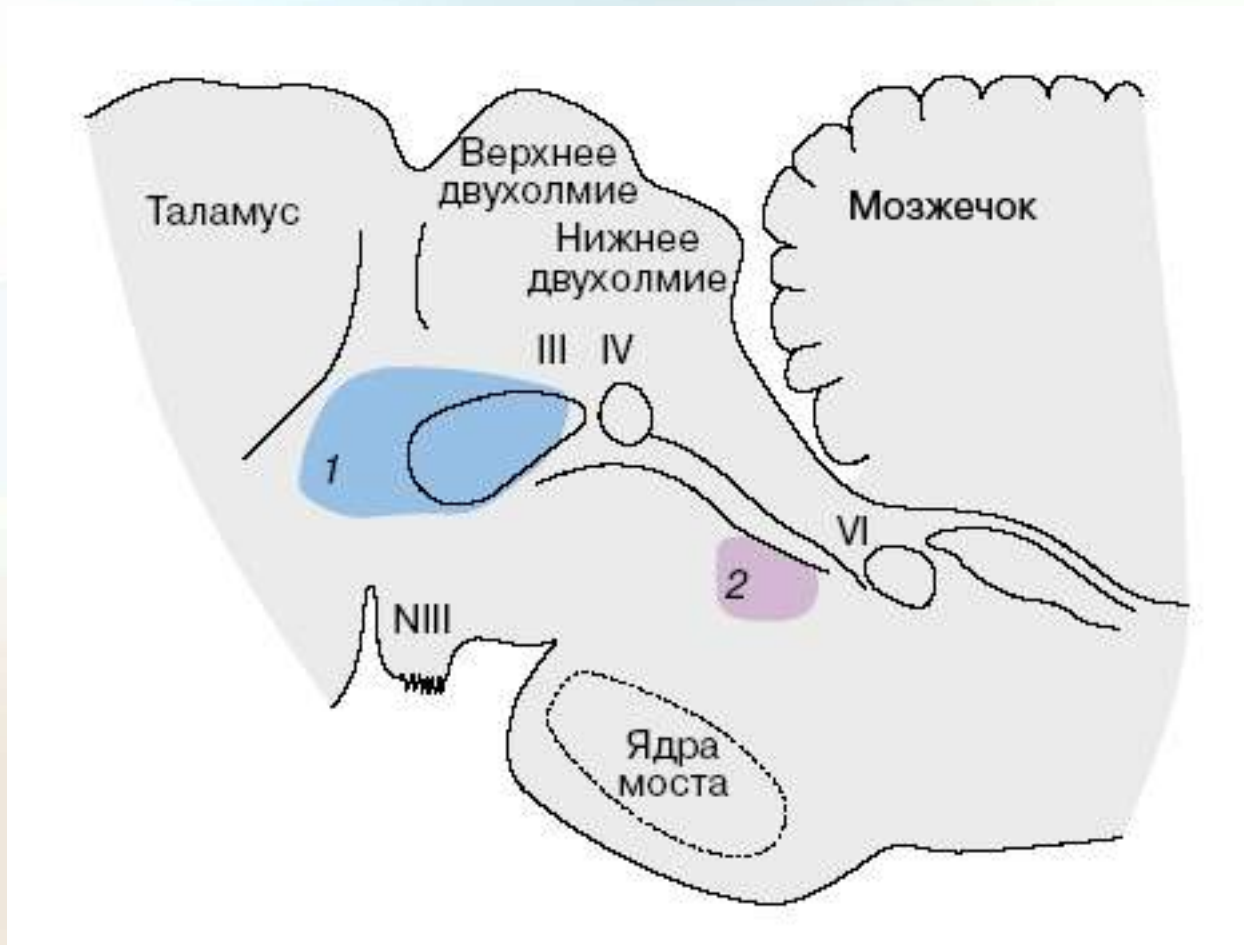
Гипометрия при болезни Паркинсона и гиперметрия при мозжечковых расстройствах



Трекинг в медицине

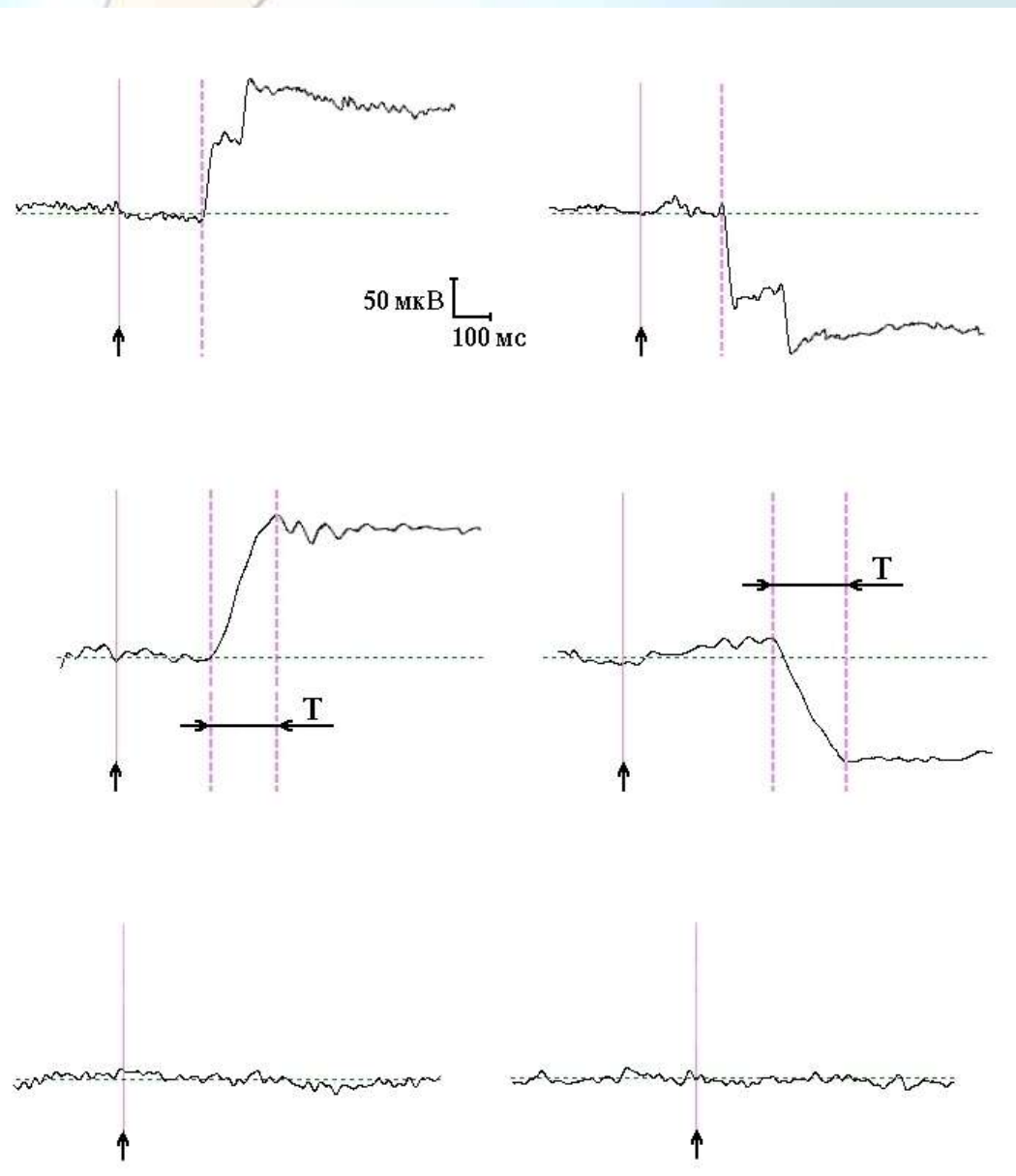
ПРОГРЕССИРУЮЩИЙ НАДЪЯДЕРНЫЙ ПАРАЛИЧ

Стволовой генератор саккад



- 1 – центр управления вертикальными движениями глаз
- 2 – центр управления горизонтальными движениями глаз

Движения глаз при прогрессирующем надъядерном параличе

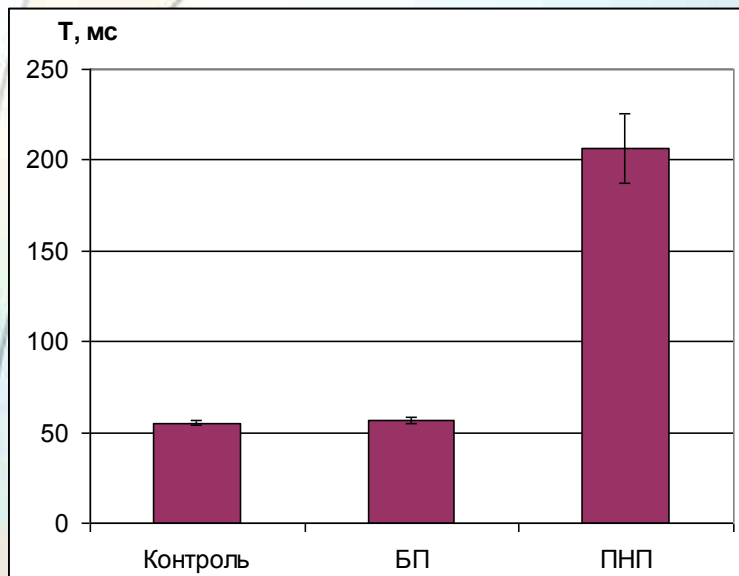


Гипометрия на ранних стадиях

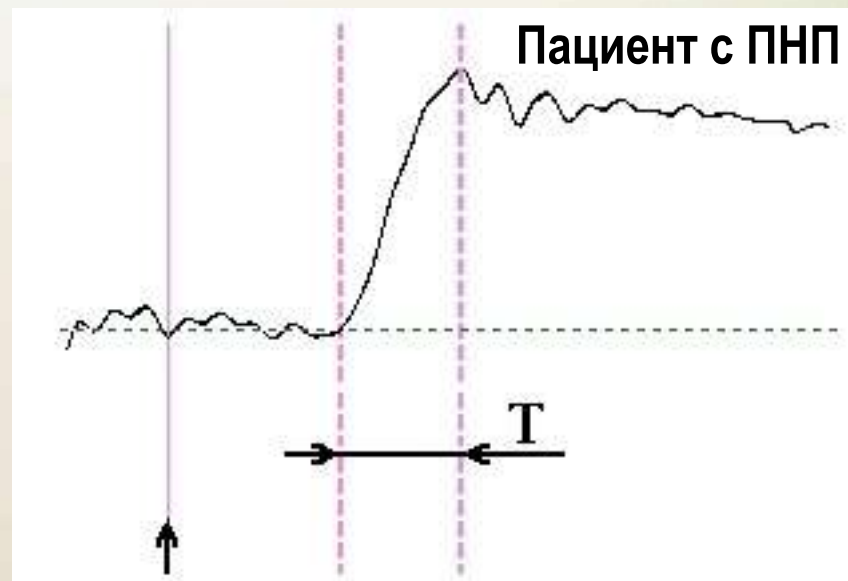
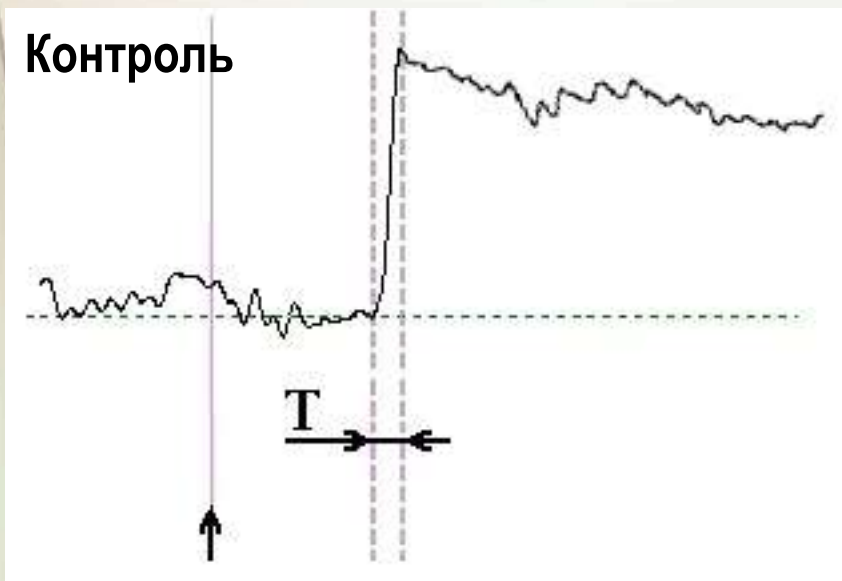
Замедление вертикальных саккад

Полное выпадение вертикальных движений на поздних стадиях

Движения глаз при прогрессирующем надъядерном параличе



**Замедляются
вертикальные движения глаз**



Трекинг в рекламе

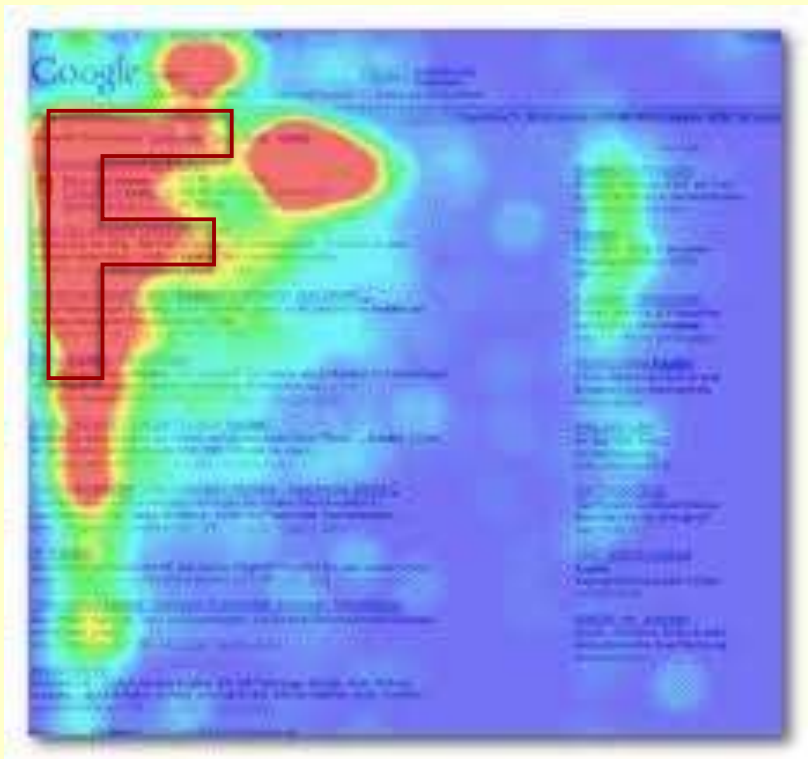


Красная область цветовой гаммы соответствует большему времени нахождения взора в определенной части зрительного поля

Трекинг и безопасность движения




Трекинг и Web-навигация



F -паттерн

Трекинг в образовании



Представиться системе

[статья](#) [обсуждение](#) [править](#) [история](#)

навигация

- Заглавная страница
- Рубрикация
- Индекс А — Я
- Случайная статья
- Новые статьи

участие

- Портал сообщества
- Форум
- Свежие правки

инструменты

- Ссылки сюда
- Связанные правки
- Загрузить файл

поиск

[\[править\]](#)

Википедия
Свободная энциклопедия

Совместимость групп крови

Группа крови	Гаметы	Доноры	Реципиенты
0(I)	0	0(I)	0(I), A(II), B(III), AB(IV)
A(II)	0, A	0(I), A(II)	A(II), AB(IV)
B(III)	0, B	0(I), B(III)	B(III), AB(IV)
AB(IV)	A, B	0(I), A(II), B(III), AB(IV)	AB(IV)

Таблица совместимости групп крови человека по системе ABO

группами крови могли отдавать / получать кровь. Так, обладатель группы A(II) может получать кровь групп 0(I) или A(II), и отдавать кровь для групп AB(IV) или A(II). Сегодня ясно, что другие системы антигенов также могут вызывать нежелательные последствия при переливании крови. Поэтому одной из возможных стратегий может быть заблаговременное криоконсервирование собственных форменных элементов крови для каждого человека.

Доноры и реципиенты крови должны иметь «совместимые» группы крови. В России разрешено переливание только одногруппной крови. В середине XX века предполагалось, что кровь группы 0(I) совместима с любыми другими группами. Люди с группой 0(I) считались «универсальными донорами», и их кровь могла быть перелита любому нуждающемуся. В настоящее время подобные гемотранфузии считаются недопустимыми. Несовместимость крови группы 0(I) другими группами наблюдалась относительно редко, и на это обстоятельстве длительное время не обращали должного внимания. Таблица ниже иллюстрирует, люди с какими

Категории: [Кровь](#) | [Трансфузиология](#) | [Гематология](#)



- навигация
- Заглавная страница
 - Рубрикация
 - Индекс А — Я
 - Случайная статья
 - Новые статьи

- участие
- Портал сообщества
 - Форум
 - Свежие правки

инструменты

0,065 сюда

- Связанные правки
- Загрузить файл

поиск

Перейти | Найти

[править]

Совместимы 0,327 упп крови

Группа крови	Гаметы	Доноры	Реципиенты
0(I)	0	0(I)	0(I), A(II), B(III), AB(IV)
A(II)	0, A	0, A(II)	A(II), AB(IV)
B(III)	0, B	0, B(III)	B(III), AB(IV)
AB(IV)	A, B	A(II), B(III), AB(IV)	AB(IV)

Доноры и реципиенты должны иметь «совместимые» группы крови. В России разрешены переливания только одной группы крови с той же Rh-фактора при условии отсутствия антител. 0(I) совместима с любой другой группой. Люди с группой 0(I) считаются «универсальными донорами».

32,897

могла бы быть... забому нуждающемуся... время подобно... ставится недовольством. Названиями крови группы 0(I) другие... наблюдая... относительно редко, и на эти обстоя... ответствен... время че обработ... должны о... внимани... Таблица

Таблица совместимости групп крови человека по системе ABO

1,635

группами крови могли отдавать... кровь. Так, обладатель группы A(II) может получать кровь групп 0(I) или B(III), и отдавать кровь для групп AB(IV) или A(II). Сегодня ясно, что другие системы антигенов также могут вызывать нежелательные последствия при переливании крови. Но... одной из возможных причин может быть забла... времени

20,013

сервирование собственн... фирменных элементов крови для каждого человека.

Категории: Кровь | Трансфузия | Гематология

0,065



- навигация
- Заглавная страница
 - Рубрикация
 - Индекс А — Я
 - Случайная статья
 - Новые статьи

- участие
- Портал сообщества
 - Форум
 - Свежие правки

- инструменты
- Ссылки сюда
 - Связанные правки
 - Загрузить файл

поиск

Перейти **Найти**

[проты]

Совместимость групп крови

Группа крови	Гаметы	Доноры	Реципиенты
0(I)	0	0(I)	0(I), A(II), B(III), AB(IV)
A(II)	A	0(I), A(II)	A(II), AB(IV)
B(III)	0, B	0(I), B(III)	B(III), AB(IV)
AB(IV)	A, B	0(I), A(II), B(III), AB(IV)	AB(IV)

Доноры и реципиенты крови должны иметь «совместимые» группы крови. В России длительное переливание велько одного типа крови. В серед 19-XX века предпринимались попытки групп совместимости для переливания. Люди группой крови считались «универсальными донорами» и могли отдавать кровь любому нуждающемуся. В настоящее время подобная гемо transfузии считаются недопустимыми. Векселекимоет крови группы крови, принадлежащий к группам, наблюдается исключительно редко. Это обстоятельство, длительность времени не обращения, должно приниматься во внимание. Таблица ниже иллюстрирует, люди с какими группами крови могут отдавать и получать кровь. Так, обладатель группы A(II) может получать кровь групп 0(I) или A(II), и отдавать кровь для групп AB(IV) или A(II). Следует также помнить, что другие системы антигена также могут вызывать реакцию. Влияние действия при переливании крови. Поэтому одной из возможных стратегий может быть использование элементов крови для каждого человека.

Таблица совместимости групп крови человека по системе ABO

группами крови могут отдавать и получать кровь. Так, обладатель группы A(II) может получать кровь групп 0(I) или A(II), и отдавать кровь для групп AB(IV) или A(II). Следует также помнить, что другие системы антигена также могут вызывать реакцию. Влияние действия при переливании крови. Поэтому одной из возможных стратегий может быть использование элементов крови для каждого человека.

Категории: Кровь | Трансфузия | Гематология

«Ландшафт» внимания при усвоении учебного материала

Изучил таблицу (32% времени)

Википедия

Совместимость групп крови

Группа крови	Гаметы	Доноры	Реципиенты
O(I)	O	O(I)	O(I), A(II), B(III), AB(IV)
A(II)	A	O(I), A(II)	A(II), AB(IV)
B(III)	B	O(I), B(III)	B(III), AB(IV)
AB(IV)	A, B	O(I), A(II), B(III), AB(IV)	AB(IV)

Категории: Кровь | Трансфузия | Гематология

Проигнорировал таблицу (4% времени)

Википедия

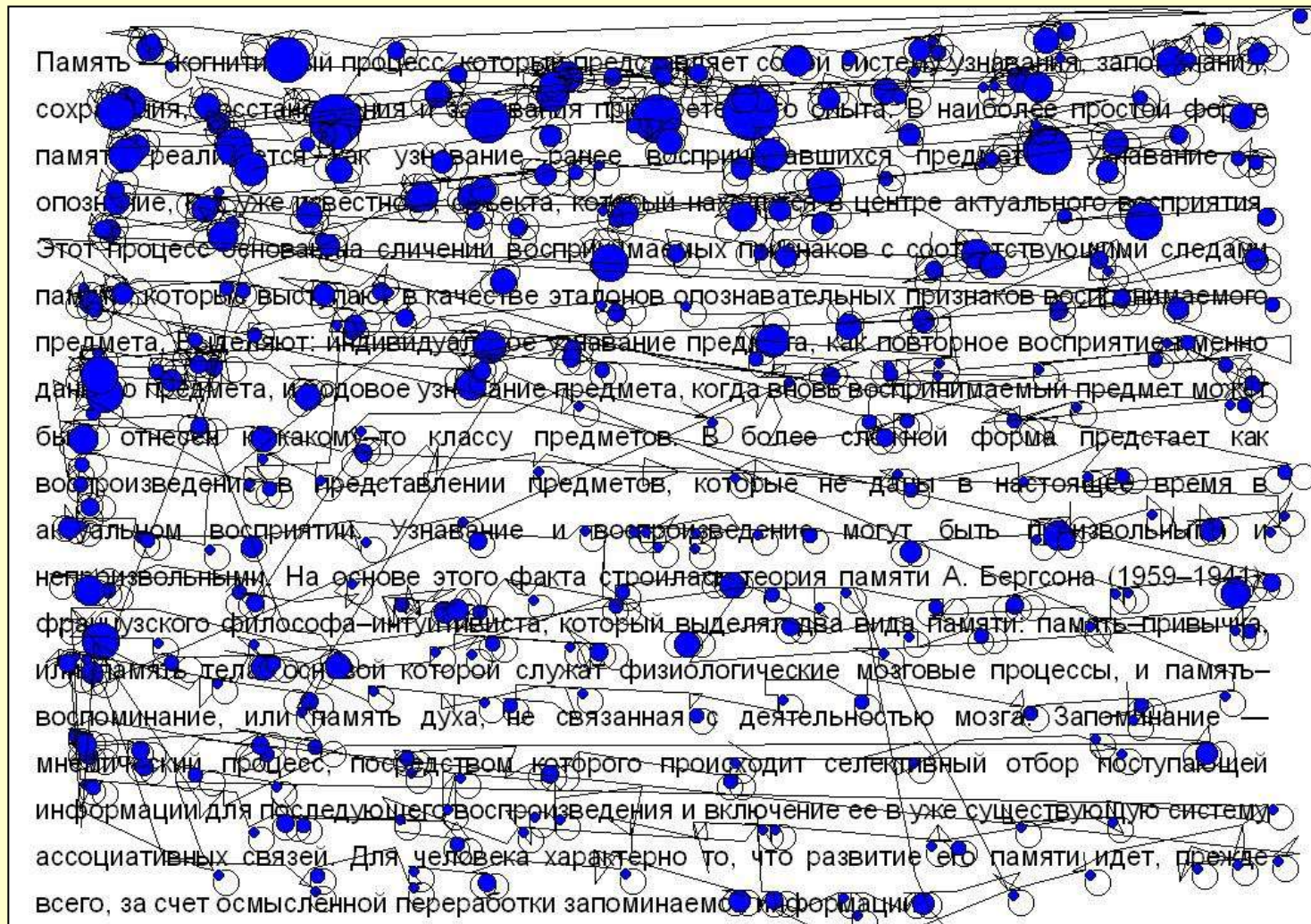
Совместимость групп крови

Группа крови	Гаметы	Доноры	Реципиенты
O(I)	O	O(I)	O(I), A(II), B(III), AB(IV)
A(II)	A	O(I), A(II)	A(II), AB(IV)
B(III)	B	O(I), B(III)	B(III), AB(IV)
AB(IV)	A, B	O(I), A(II), B(III), AB(IV)	AB(IV)

Категории: Кровь | Трансфузия | Гематология

Движения глаз при чтении текстов

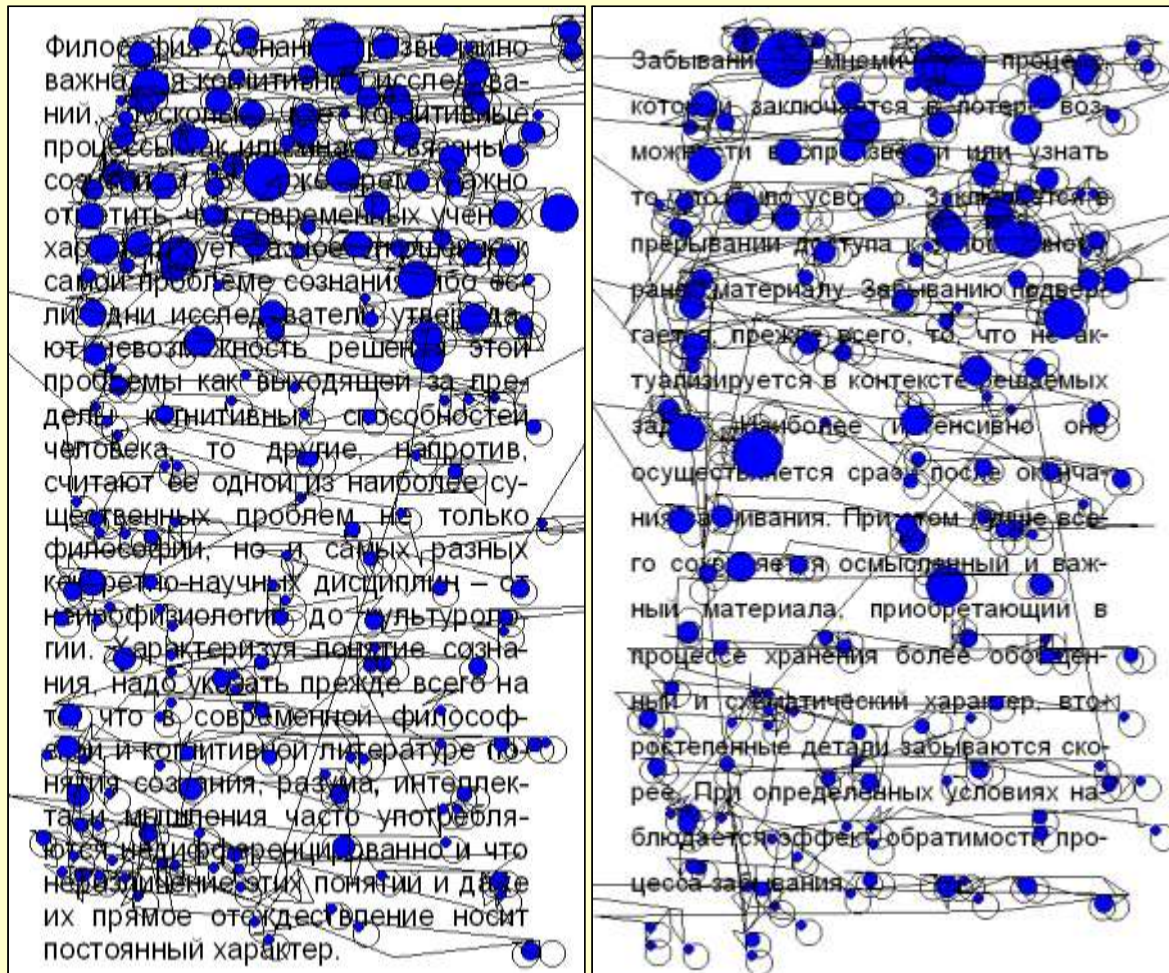
На изображение читаемого текста наложены треки движений глаз испытуемого. Положениям взора в момент времени фиксации соответствуют синие окружности. Линии отражают перемещение взора испытуемого при чтении. Диаметр окружностей пропорционален времени фиксации взора на данном фрагменте изображения



Память — когнитивный процесс, который представляет собой систему узнавания, запоминания, сохранения, восстановления и забывания приобретенного опыта. В наиболее простой форме память реализуется как узнавание ранее воспринятых предметов. Узнавание — опознание, при уже известном объекте, который находится в центре актуального восприятия. Этот процесс основан на сличении воспринимаемых признаков с соответствующими следами памяти, которые выступают в качестве эталонов опознавательных признаков воспринимаемого предмета. Выделяют индивидуальное узнавание предмета, как повторное восприятие именно данного предмета, и родовое узнавание предмета, когда вновь воспринимаемый предмет может быть отнесен к какому-то классу предметов. В более сложной форме предстает как воспроизведение. В представлении предметов, которые не даны в настоящее время в актуальном восприятии, узнавание и воспроизведение могут быть произвольными и непроизвольными. На основе этого факта строилась теория памяти А. Бергсона (1859—1941) — французского философа-интуитивиста, который выделял два вида памяти: память-привычка, или память тела, основой которой служат физиологические мозговые процессы, и память-воспоминание, или память духа, не связанная с деятельностью мозга. Запоминание — мнемический процесс, посредством которого происходит селективный отбор поступающей информации для последующего воспроизведения и включение ее в уже существующую систему ассоциативных связей. Для человека характерно то, что развитие его памяти идет, прежде всего, за счет осмысленной переработки запоминаемой информации.

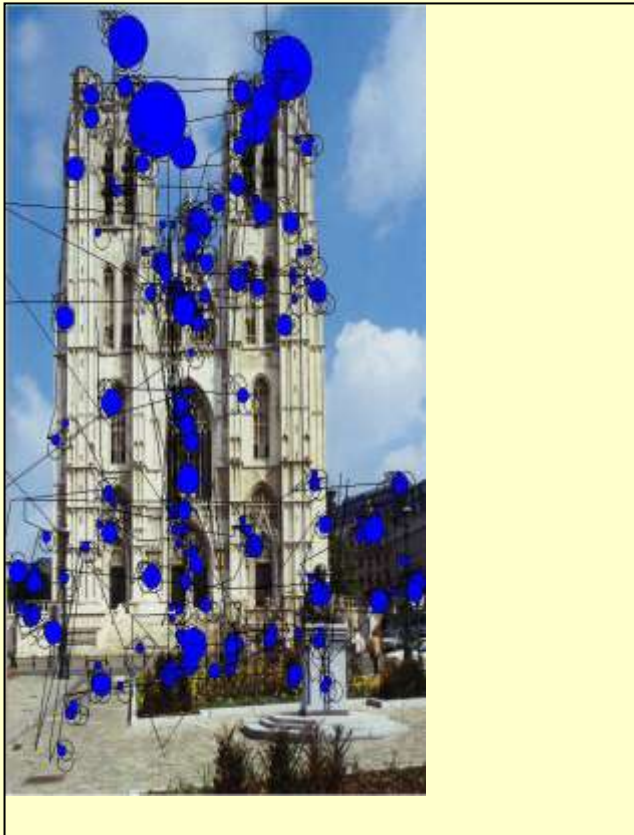
Движения глаз при чтении текстов

Треки движений глаз и фиксации при чтении текста с 1-м (слева) и 1,5-м (справа) межстрочным интервалом. По мере чтения последовательных строк число фиксаций уменьшается, а также уменьшается их продолжительность при любой длине строки и любом межстрочном интервале.



Трекинг в архитектуре (видеоэкология)

Качества объектов существенно влияют на **внимание** испытуемых.



Взор испытуемые избегает «**неприятных**» изображений, состоящих из мелких однородных элементов, которые не несут в себе информационной значимости и часто вызывают неприятные ощущения и даже иллюзии движения.

