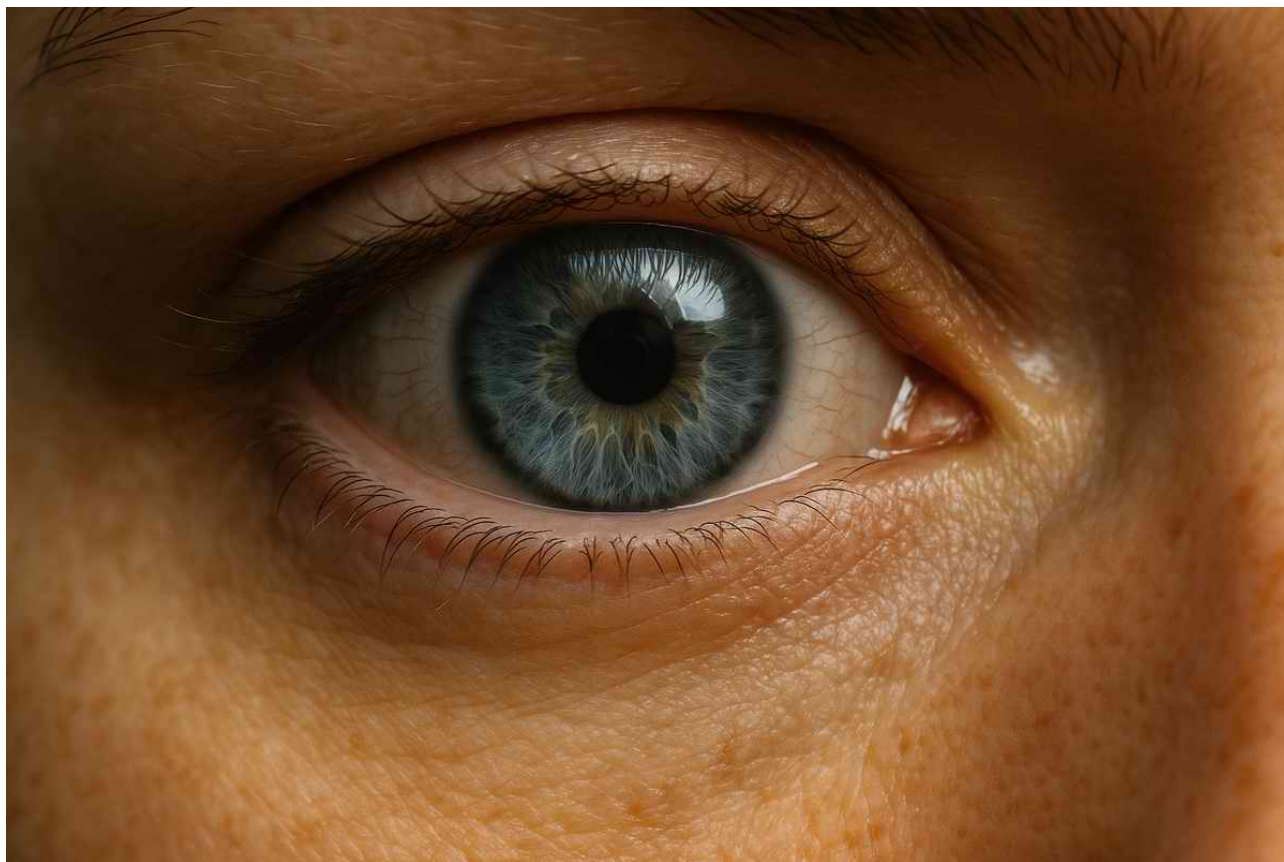


Как глаза «синхронизируют» сигналы до того, как они попадают в мозг



Дата публикации: 20.08.2025

Наше зрение кажется мгновенным и цельным, но в действительности путь света от объектов окружающего мира до восприятия их мозгом проходит через цепочку сложных процессов. Когда человек смотрит на пейзаж, свет от разных его частей достигает глаз с небольшими задержками, а затем проходит через волокна сетчатки по маршрутам разной длины. Теоретически это должно приводить к рассинхронизации сигналов и искажению восприятия, но человеческая зрительная система нашла способ минимизировать эту проблему.

Новые исследования показали, что сетчатка сама выравнивает время поступления сигналов ещё до того, как они попадут в зрительный нерв. Этот процесс достигается за счёт различий в толщине аксонов — чем толще нервное волокно, тем быстрее по нему проходит электрический импульс. Таким образом, более длинные пути получают «ускоренные кабели», а короткие — более тонкие. В результате сигналы, которые должны были прийти в мозг с временным разбросом, синхронизируются и покидают глаз почти одновременно. Разница сокращается до нескольких тысячных долей секунды — порядка 2-2,5

миллисекунд.

Это открытие подтверждается как анатомическими измерениями, так и поведенческими тестами. С помощью адаптивной оптической сканирующей офтальмоскопии учёные смогли стимулировать отдельные фоторецепторы в центральной ямке глаза. Независимо от того, в какой области сетчатки подавался сигнал, время реакции человека оставалось одинаковым, что говорит о предварительном выравнивании в самой сетчатке.

Скорость прохождения импульса напрямую связана с физическими характеристиками аксонов. Для немиелинизированных волокон важен диаметр: скорость увеличивается пропорционально квадратному корню от его величины. В центральной области глаза средняя скорость составляет около 0,6–0,7 метра в секунду, а на периферии достигает 0,9–1,1 метра в секунду. Это отражает не только физиологические различия, но и функциональные задачи: в центре внимание сосредоточено на деталях и цвете, а по периферии — на движении и быстрых изменениях.

Особый интерес вызывает связь структуры и функции. Толщину слоя нервных волокон сетчатки можно измерять у живых людей с помощью оптической когерентной томографии — метода, применяемого в клиниках. Сравнение данных анатомии и физиологии показало совпадение: распределение толщины волокон соответствует закономерностям их скорости и маршрутов. Это означает, что глаз сам использует свои анатомические ресурсы, чтобы компенсировать задержки и облегчить задачу мозгу.

Сетчатка выполняет роль первого уровня синхронизации. Она частично компенсирует временные различия между сигналами ещё до того, как те достигнут зрительного нерва. Дальнейшее выравнивание происходит в мозге, где сложные нейронные цепи продолжают регулировать временные параметры, чтобы картинка воспринималась цельной и стабильной. Такой многоуровневый механизм позволяет избежать размытости контуров и искажений при быстром движении, обеспечивая точность восприятия.

Эти данные показывают, что зрительная система человека устроена значительно сложнее, чем предполагалось ранее. Глаз — это не просто «объектив», передающий картинку в мозг, а активный участник обработки информации. Его структуры уже на начальном этапе формируют согласованный сигнал, что позволяет зрению быть мгновенным, непрерывным и достоверным.

Таким образом, синхронизация в сетчатке — важный элемент нейробиологической архитектуры зрения. Она демонстрирует, что эволюция выработала изящное решение для проблемы скорости передачи сигналов:

длинные пути ускоряются, короткие замедляются, и в итоге зрительная система работает как единый согласованный механизм. Это открытие не только расширяет понимание фундаментальных процессов восприятия, но и может помочь в развитии офтальмологических методов диагностики и лечения нарушений зрения.

Ссылка: «Синхронизация зрительного восприятия в центральной ямке глаза человека» DOI: [10.1038/s41593-025-02011-3](https://doi.org/10.1038/s41593-025-02011-3).