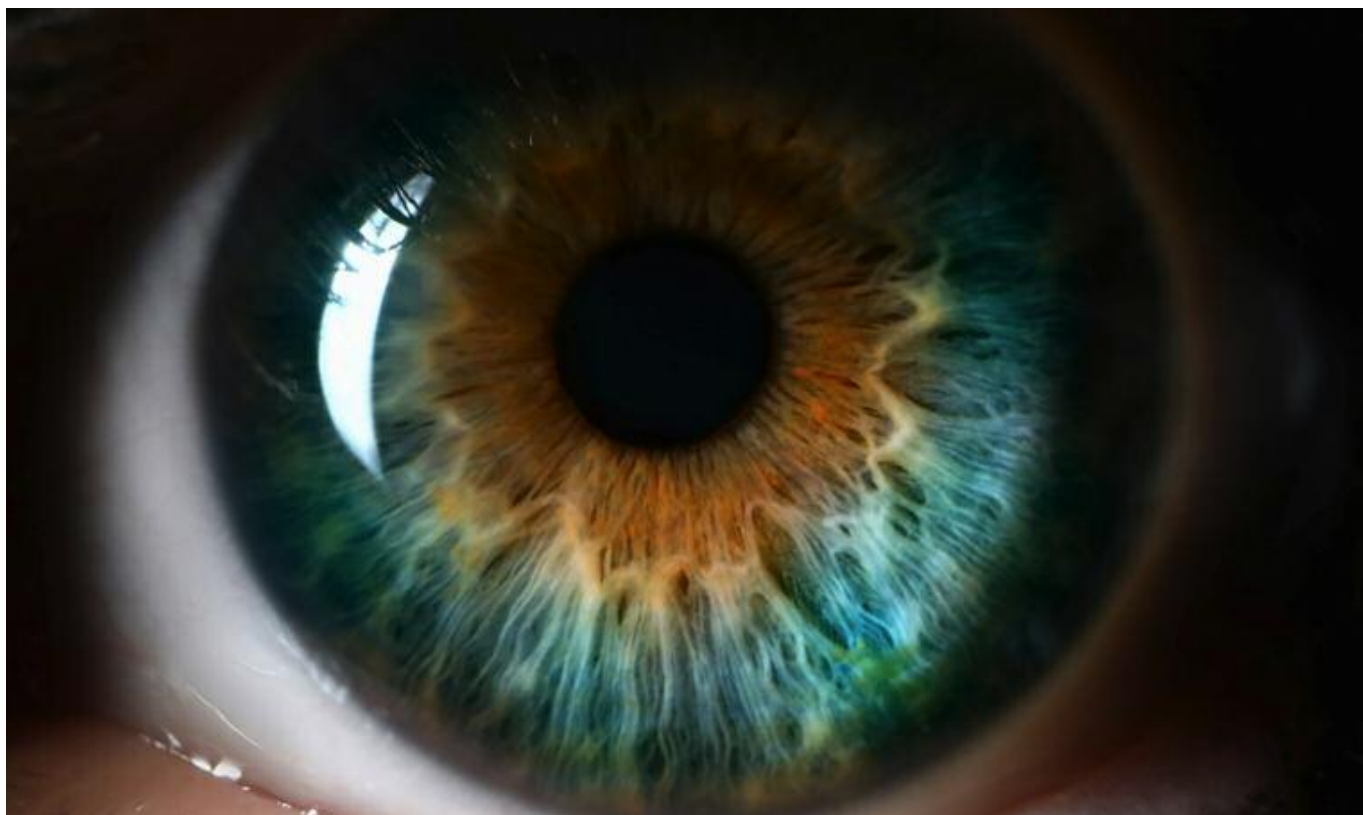


## Новое устройство для ранней диагностики дегенеративных заболеваний глаз



Исследования методов лечения, направленных на остановку или ограничение прогрессирования дегенеративных заболеваний глаз, которые могут привести к слепоте, продвигаются быстрыми темпами. Но в настоящее время не существует устройства, которое могло бы надежно диагностировать эти состояния до появления первых симптомов. Данные нарушения, наиболее известным из которых является возрастная макулярная дегенерация (ВМД), включают изменения в фоторецепторах глаза. И все они имеют одну и ту же первопричину: разрушение пигментного эпителия сетчатки, слоя клеток, который находится за фоторецепторами.

Исследователи из лаборатории EPFL разработали офтальмологическое устройство, которое можно использовать для диагностики некоторых дегенеративных заболеваний глаз задолго до появления первых симптомов. В ходе ранних клинических испытаний было показано, что прототип позволяет получать изображения с достаточной степенью точности всего за 5 секунд.

Устройство, разработанное в Лаборатории прикладных фотонных устройств EPFL (LAPD), наблюдает изменения в пигментном эпителии сетчатки до появления симптомов, предоставляя исследователям первые в истории изображения *in vivo*, на которых можно дифференцировать клетки. Вооруженные этой возможностью раннего выявления, клиницисты смогут диагностировать эти расстройства до появления необратимых симптомов. Результаты первого клинического испытания были опубликованы в статье в журнале *Ophthalmology Science*.

Рис. 1. Cellularis, прототип устройства для выявления дегенеративных офтальмологических заболеваний.  
Источник фото: LAPD



## Наблюдение за изменениями в клетках за фоторецепторами

В дополнение к возникновению ВМД, ухудшение пигментном эпителии сетчатки стоит за рядом других заболеваний глаз, включая пигментный ретинит и диабетическую ретинопатию. Расположенный между фоторецепторами и сосудистой оболочкой, пигментный эпителий играет важную роль в поддержании зрительной функции и сохранении здоровья глазных палочек и колбочек.

Несколько исследовательских групп изучали эти клетки *in vitro*, чтобы определить их свойства и наблюдать морфологические изменения, которые происходят со старением, а также с возникновением и прогрессированием заболеваний сетчатки, таких как ВМД и пигментный ретинит. Однако до сих пор не существовало простого и надежного метода наблюдения за пигментным эпителием у живого пациента (*in vivo*) для раннего выявления и постоянного мониторинга этих состояний.

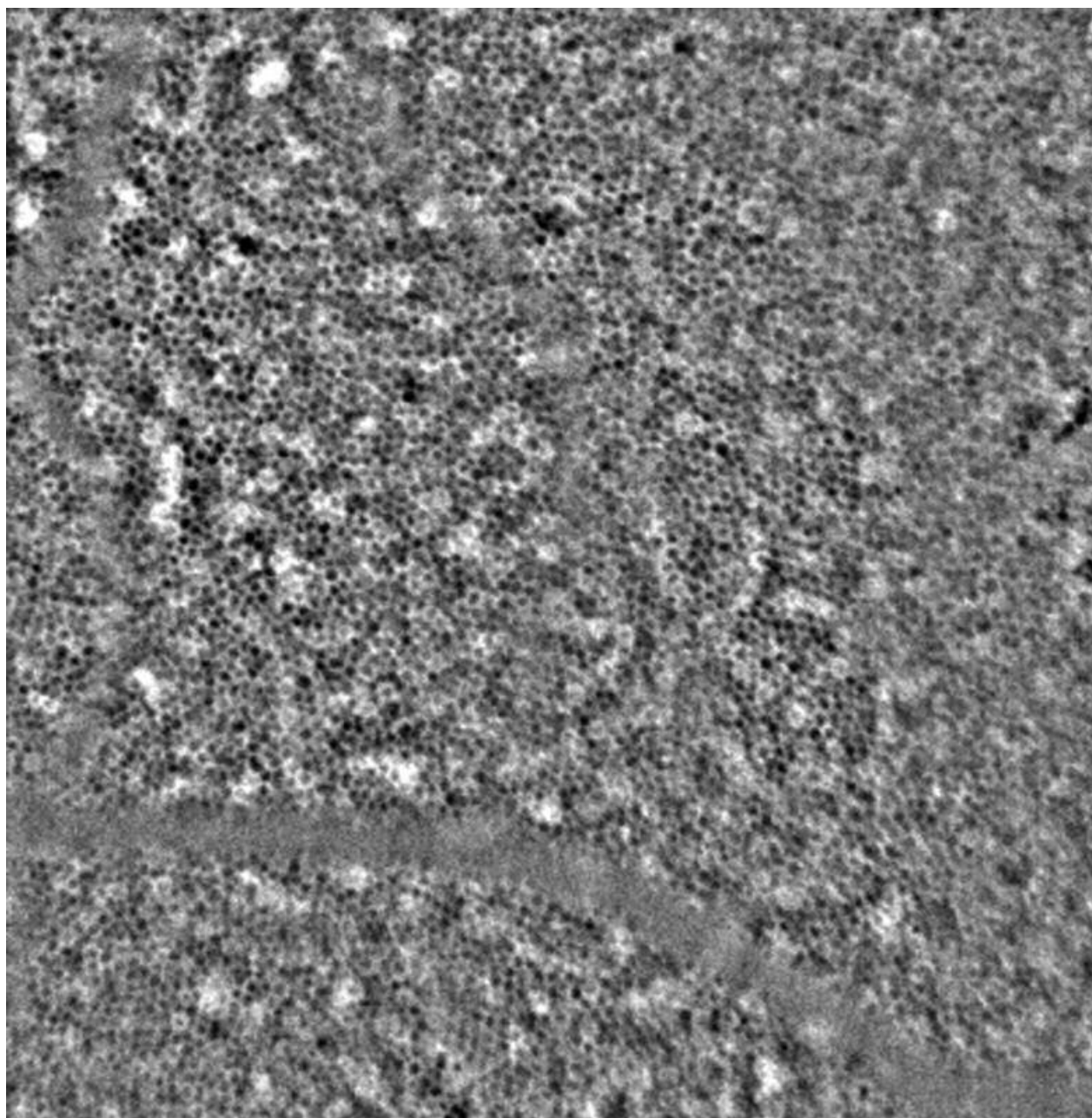
## Ключ к решению – косые лучи света

Ранее уже были предприняты различные попытки разработать устройство, позволяющее клиницистам исследовать пигментный эпителий сетчатки, но каждая из них терпела неудачу из-за неадекватного разрешения, соображений безопасности пациентов или чрезмерно длительного времени воздействия. Команда EPFL разработала сетчатую камеру с двумя косыми лучами, направленными на склеру, в сочетании с адаптивной оптической системой, которая корректирует искажения в световых волнах для получения четкого изображения. Эта технология, получившая название трансклеральной оптической визуализации (Transscleral Optical Imaging), похожа на существующие системы визуализации сетчатки в использовании инфракрасных световых лучей.

Но, по словам **Кристофа Мозера**, который возглавляет Лабораторию прикладных фотонных устройств (LAPD), у него есть одно ключевое отличие: «*Лучи фокусируются наклонно через*

Рис. 2. Клетки пигментного эпителия сетчатки, наблюдаемые с помощью устройства Cellularis.

Источник фото: *Laura Kowalczyk et al. Ophthalmology Science (2022).*





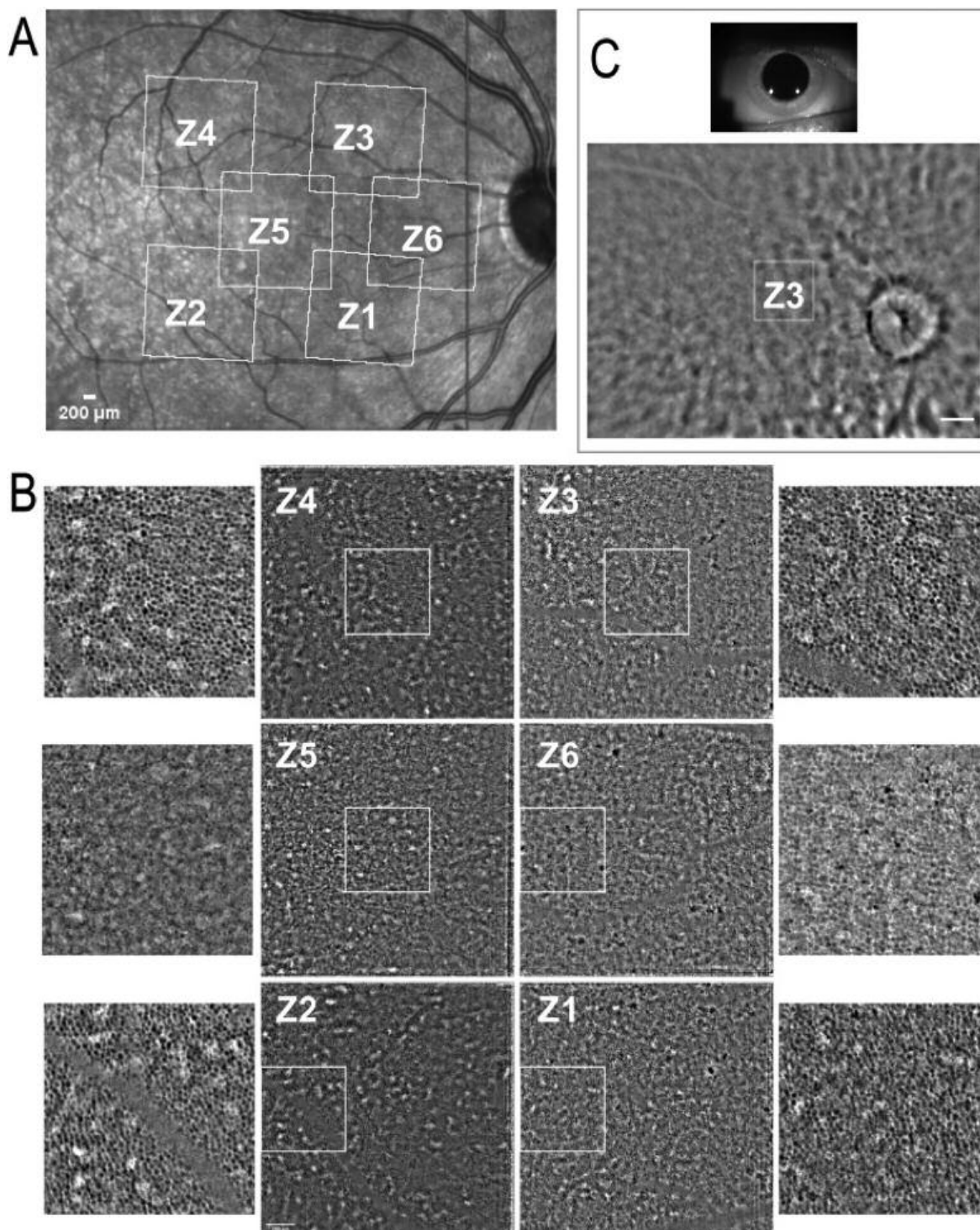
склеру, что позволяет обойти проблему избытка света, вызванного фоторецепторными клетками с высокой отражательной способностью, расположенными в центре глаза, когда вы освещаете сетчатку через зрачок». Затем световые волны улавливаются камерой, когда они выходят из глаза через зрачок. У команды был своего рода момент эврики, когда они увидели первое четкое изображение на экране, поскольку это был первый раз, когда кто-либо наблюдал эту часть человеческого

тела с помощью клинически совместимой камеры визуализации.

### Первое клиническое испытание с участием 29 участников

Исследователи разработали клинический прототип в партнерстве с EarlySight, дочерним предприятием той же лаборатории EPFL. При времени экспозиции менее 5 секунд (ключевом

Рис. 3. Расположение изображений пигментного слоя сетчатки *in vivo* в правом глазу пациента, 29 лет. (А) Спектральное инфракрасное изображение правого глазного дна, показывающее 6 изображенных зон. (В) Изображения пигментного слоя сетчатки *in vivo* в 6 областях (Z1: Инфероназальная; Z2: Инферотемпоральная; Z3: Супероназальная; Z4: Суперотемпоральная; Z5: Центр ямки; Z6: Носовая). Для каждого необработанного изображения 5x5 увеличивается одно подизображение размером 1,6x1,6 с коррекцией плоского поля. (С) Пример изображений радужной оболочки глаза и инфракрасного дна с наклонной подсветкой 30x30 с низким разрешением, записанных во время обследования Z3. Линейки шкалы = 200 мкм. Источник изображения: Laura Kowalczuk et al. *Ophthalmology Science* (2022).



преимущество скорости для потенциального диагностического использования) камера способна снимать 100 изображений в формате RAW. Затем алгоритмы выравнивают и объединяют необработанные кадры для получения единого высококачественного изображения на экране. Интерфейс оснащен пятью кнопками, каждая из которых соответствует заранее определенной области глаза, что позволяет выбрать желаемое изображение. Пользователи также могут щелкнуть в любом месте диаграммы задней части глаза, чтобы выбрать точную область, которую они хотят исследовать.

Прототип устройства, известного как Cellularis, был разработан в рамках проекта EIT Health ASSESSMENT. Затем камера была оценена в ходе клинического испытания, проведенного Ирмелой Мантель, младшим врачом медицинского отделения сетчатки в Jules-Gonin Eye Hospital. Целью исследования была оценка способности устройства создавать четкие изображе-

ния пигментного эпителия сетчатки у 29 здоровых добровольцев. В каждом случае изображения, сгенерированные камерой, были достаточно точными, чтобы количественно оценить морфологические характеристики клеток пигментного эпителия сетчатки участников. Они были сохранены в базе данных для будущего вклада в медицинские исследования.

*«Морфология этих клеток, которые играют важную роль в функционировании сетчатки, является сильным показателем их здоровья», – говорит Лаура Ковальчук, ученый из EPFL и Jules-Gonin Eye Hospital, ведущий автор статьи. «Способность точно обнаруживать клетки RPE и наблюдать морфологические изменения, происходящие в них, жизненно важна для раннего выявления дегенеративных заболеваний сетчатки и мониторинга эффективности новых методов лечения».*

**Подготовлено по статье:** Laura Kowalczyk et al, in vivo Retinal Pigment Epithelium Imaging using Transscleral Optical Imaging in healthy eyes, Ophthalmology Science (2022). DOI: 10.1016/j.xops.2022.100234