

## Чтение и миопия: контраст разной полярности играет роль

Миопия является сегодня наиболее распространенным нарушением зрения у молодых людей. Предсказывают, что к 2050 г. половина человечества станет миопами. Миопия средней степени (менее 5 D) в основном доставляет человеку лишь определенные неудобства и требует оптической коррекции очками или контактными линзами. Однако миопия высоких степеней уже ассоциируется с повышенным риском дегенерации сетчатки, глаукомы и катаракты, с годами с большой вероятностью приводящих к потере зрения. Чтобы избежать достижения критических уровней миопии, необходимо замедлить прогрессирование миопии у молодых людей. Сегодня делаются попытки затормозить развитие миопии с помощью мультифокальных контактных линз, очковых линз специальных дизайнов, ОК-линз, низких доз атропина и путем увеличения времени пребывания на свежем воздухе в дошкольном возрасте. Однако все согласны, что намного лучше было бы предупредить развитие миопии.

Имеются убедительные доказательства связи миопии с уровнем образования. Каждый год обучения увеличивает среднюю миопическую ошибку рефракции на 0,5 D. Традиционно с появлением и прогрессированием миопии связывают чтение и работу на близких расстояниях. Однако, до сих пор четко не известно, как именно чтение приводит к развитию миопии. Предпринятые ранее попытки объяснить связь миопии и чтения оказались в основном неудачными. Предполагаемым кандидатом была «задержка аккомодации» (так называемый lag аккомодации). Поскольку люди имеют тенденцию к недостаточной аккомодации при чтении, то наилучший фокус изображения при чтении оказывается позади сетчатки. Эксперименты на животных показали, что такое положение фокуса стимулирует рост глаза, так как сетчатка стремится «поймать фокус». Однако, у детей было обнаружено, что «задержка аккомодации» развивается одновременно с миопией, а не до нее, что существенно уменьшает вероятность причинной связи.

В данной работе авторы предоставили теоретическое и экспериментальное обоснование роли нового несколь-

ко неожиданного фактора, который может приводить к развитию миопии при чтении. В сетчатке человека имеются два типа ганглиозных клеток, отличающихся реакцией на световые стимулы, воздействующие на их рецептивные поля (рецептивное поле ганглиозной клетки включает имеющие с ней синаптические контакты фоторецепторы и биполярные клетки). Ганглиозные клетки ON типа увеличивают частоту электрических разрядов в ответ на световое раздражение центра рецептивного поля и снижают свою электрическую активность при действии светового раздражителя на периферию рецептивного поля. Ганглиозные клетки OFF типа тормозятся при действии света на центр ее рецептивного поля и увеличивают частоту нервных импульсов в ответ на раздражение периферии рецептивного поля. Рецептивные поля ганглиозных клеток обоих типов в сетчатке представлены примерно поровну, чередуясь друг с другом. Оба типа клеток очень слабо реагируют на равномерное освещение всего рецептивного поля, а наиболее сильным раздражителем для них является контрастное освещение, т.е. различная интенсивность засветки центра и периферии. Именно контраст деталей дает необходимую информацию для зрительного восприятия изображения.

ON и OFF зрительные пути оказывают различное влияние на рост глаза и миопию. Было показано на кошках и цыплятах, что при блокировании ON зрительных путей уменьшается рост глаза и индуцируется гиперметропия. Миопию у животных можно индуцировать, если они некоторое время будут носить минусовые очковые линзы, а гиперметропию – плюсовые линзы. В 2002 г. было показано, что цыплята становятся менее миопичными при ношении минусовых линз, если на их зрение воздействуют световые сигналы пилообразной формы, т.е. когда интенсивность светового сигнала быстро возрастает и медленно спадает. В случае стимула противоположной формы они становились менее гиперметропичными при ношении плюсовых линз. Позднее было показано, что фармакологический блокатор ON ответа в электроретинограмме также снижает миопию, индуцированную минусовыми линзами, а блокатор OFF ответа снижает индуцированную положительными линзами гиперме-



тропию. Аналогичные результаты были получены и на трансгенных мышах. Вместе взятые эти свидетельства дают основание предположить, что активация ON и OFF путей оказывает селективное действие на рост глаза и развитие рефракционной ошибки.

Неизвестно, может ли превалирование ON или OFF стимуляции повлиять на развитие миопии у людей. Относительную силу сигналов в этих двух каналах важно знать при разных зрительных условиях, и она может быть связана с развитием миопии. В одном из исследований было установлено, что листья на земле имеют более сильный негативный контраст, который должен стимулировать ганглиозные клетки типа OFF. Авторы сделали вывод, что преобладание ганглиозных клеток типа OFF в сетчатке морских свинок является результатом адаптации к преобладающему негативно-контрасту в их среде обитания.

Авторы данной работы создали программное обеспечение для анализа в режиме реального времени монохромных изображений (640 на 480 px) в терминах ON и OFF вкладов, чтобы количественно представить относительную силу ON и OFF сигналов в типичной для человека зрительной обстановке. (Силу ON и OFF сигналов измеряли по разнице уровня яркости серого цвета в центре и на периферии фотоизображения в режиме черно-белый; если уровень серого в центре больше чем на периферии, то считается, что преобладает ON стимулирование).

Относительная сила ON и OFF сигналов была сопоставлена с толщиной хороиды глаза. Как известно, изменение толщины хороиды связано с изменениями в росте глаза и эметропизации.

### Результаты

С использованием разработанной программы было показано, что ON и OFF сигналы по силе оказываются хорошо сбалансированными для различных естественных ситуаций (как на природе, так и в помещении). Однако черный текст на белом фоне вызывает сильное преобладание OFF каналов, тогда как белый текст на черном

фоне приводит к преобладанию ON каналов. Так было как для латинского текста, так и для китайского. Средние значения яркости изображений текста на разных фонах при анализе были одинаковыми.

Следующим шагом авторов статьи было измерение (с применением когерентной томографии) изменения толщины хороиды у испытуемых при чтении черного текста на белом фоне и белого текста на черном.

Испытуемыми были молодые люди в возрасте от 23 до 29 лет (6 европейцев и один азиат), один носит контактные линзы, трое пользуются очками. У них не было никаких зрительных патологий, кроме миопии слабой и средней степеней. Трое были эметропами и имели сферический эквивалент (SE) от +0,25 D до -0,75 D. У четверых была миопия с SE от -3,50 D до -6,25 D. Все участники исследования при чтении пользовались своими привычными средствами коррекции.

У всех семи испытуемых хороида становилась заметно толще в обоих глазах ( $p < 0,05$ ) при чтении белого текста на черном фоне и значительно тоньше ( $p < 0,01$ ) при чтении черного текста на белом фоне. Чтение в течение часа черного текста на белом фоне индуцировало утоньшение хороиды на (16,13 +/- 4,54) мкм (среднее значение для двух глаз). В то же время чтение белого текста на черном фоне делало хороиду толще на (9,96 +/- 6,51) мкм. Дальнейший анализ показал, что изменения в правых глазах с ON стимуляцией были значительными как после 30 минут чтения, так и после 60 минут. Также обнаружено, что утоньшение хороиды при OFF стимулировании было более выражено у испытуемых с миопией, тогда как утолщение хороиды с ON стимуляцией не коррелировало с рефракционной ошибкой.

Исследования как на животных, так и на людях свидетельствуют, что тонкие хороиды ассоциируются с развитием миопии, а толстые хороиды – с ее ингибированием. **Авторы данной статьи считают, что чтение на мониторе белого текста на черном фоне может быть методом торможения миопии, тогда как черный текст на белом фоне, наоборот, стимулирует миопию.**