

# Оценка общего зрительного восприятия



**Б. Р. Хэммонд,**  
профессор, участник программы исследований головного мозга и поведения Университета

штата Джорджия, главный исследователь Лаборатории офтальмологии, консультант компании «Джонсон и Джонсон Вижн» (Атланта, США)



**Л. М. Ренци-Хэммонд,**

доцент кафедры психологии в Университете штата

Джорджия (Джорджия, США)



**Дж. Буч,**

главный оптометрист в области научных исследований

компании «Джонсон и Джонсон Вижн» (Атланта, США)



**Д. Нэнкивилл,**

инженер-разработчик компании «Джонсон и Джонсон Вижн» (Атланта, США)

Перевод предоставлен компанией «Джонсон и Джонсон Вижн»

Данная публикация аналогична статье «Методы оценки общего зрительного восприятия» (Measuring Total Visual Experience), которая была опубликована в выпуске журнала Contact Lens Spectrum в декабре 2018 года, и используется с разрешения «ПентаВижн ЛЛС» (PentaVision LLC).

## Аннотация

В статье рассматриваются основные параметры оценки эффективности зрительного восприятия и их роль в общей удовлетворенности людей своим зрением в реальных жизненных ситуациях, а также влияние на это восприятие дизайна и материала корригирующих линз.

**Ключевые слова:** зрительное восприятие, контрастная чувствительность, фотохромные линзы

## Введение

Наше общее зрительное восприятие зависит от множества факторов. Измерение остроты зрения по таблице Снеллена с высокой контрастностью букв позволяет получить информацию всего

лишь об одном показателе общего зрительного восприятия. Хотя острота зрения и является наиболее часто определяемым количественным параметром в клинической практике, фактически она слабо соотносится с динамическим диапазоном задач, выполня-

## Ключевые моменты статьи по данным последних опубликованных клинических исследований

- Острота зрения составляет лишь часть общего зрительного восприятия.
- Контрастная чувствительность лучше описывает эффективность зрительного восприятия. При некоторых глазных заболеваниях она снижается существенно раньше, чем острота зрения.
- Использование светофильтра может повлиять на следующие параметры эффективности зрительного восприятия: ослепление, блики (защитной реакцией в ответ на них является прищуривание глаз), время восстановления после стрессового воздействия света, цветовой контраст и оптический диапазон восприятия.
- Примеры реальных ситуаций, когда использование светофильтра дает заметную разницу: различение объектов вдали или вождение автомобиля в солнечный день.
- Фотохромные очковые линзы существенно улучшают качество зрительного восприятия по сравнению с прозрачными линзами. Остается понять, можно ли добиться такого же эффекта в контактных линзах (КЛ), адаптирующихся к уровню освещенности.

емых зрительной системой человека в реальных условиях [1]. Для более полного описания общего уровня удовлетворенности людей зрительным восприятием необходимо учитывать такие факторы, как ориентирование в пространстве, эффективность дискриминации и продолжительность зрительного восприятия без утомления [2]. Кроме того – и особенно это касается пользователей КЛ – следует учитывать, что общее ощущение зрительного комфорта включает в себя совокупность зрительных и физических ощущений [3]. В данной статье рассмотрены ключевые параметры оценки эффективности зрительного восприятия и их роль в общей удовлетворенности зрением в реальных ситуациях, а также возможное влияние на это восприятие дизайна и материала корригирующих линз.

## Ключевые параметры оценки эффективности зрительного восприятия

### Острота зрения

Хотя остроту зрения измерить достаточно просто, это статический параметр оценки зрения, который обычно определяется с использованием высококонтрастного объекта в условиях достаточно яркого освещения. В то же время в реальных ситуациях, значительно более динамичных, глаз может фокусироваться на объектах с очень разными пространственно-частотными характеристиками в постоянно меняющихся условиях освещения и контрастности. Кроме того, существует ряд факторов, которые могут влиять на общую эффективность зрительного восприятия. К ним относятся: качество слезной пленки, вариабельность аберраций высших порядков при изменении размера зрачка, а также роль, которую играет головной мозг при обработке аспектов видимого изображения. Если учитывать эти переменные, не будет удивительным тот факт, что все мы, вероятно, сталкивались с двумя пациентами с одинаковой остротой зрения, но совершенно по-разному описывающими общую удовлетворенность своим зрением.

### Функция контрастной чувствительности

Чтобы описать качество зрения не только в отношении его остроты, нужно оценить функцию контрастной чувствительности (ФКЧ). Добиться этого можно, показывая пациенту объекты с разной контрастностью и пространственно-частотными характеристиками. Для каждого стимула необходимо указать пороговое значение различимости. Эти данные позволяют определить ФКЧ и нарисовать ее график [4], на котором площадь под полученной кривой указывает на общее зрительное пространство, воспринимаемое пациентом [5]. Чем больше площадь под кривой ФКЧ, тем лучше пространственное (предметное) зрение. Ограничения остроты зрения при описании эффективности зрительного восприятия показаны на рис. 1, где это значение представлено только одной крайней точкой на кривой ФКЧ. Таким образом, предполагается, что ФКЧ тесно связана с функциональными изменениями зрения в течение суток [6–8]. Различия в остроте зрения и ФКЧ отчетливо наблюдаются при многих состояниях, в том числе при катаракте и возрастной макулярной де-

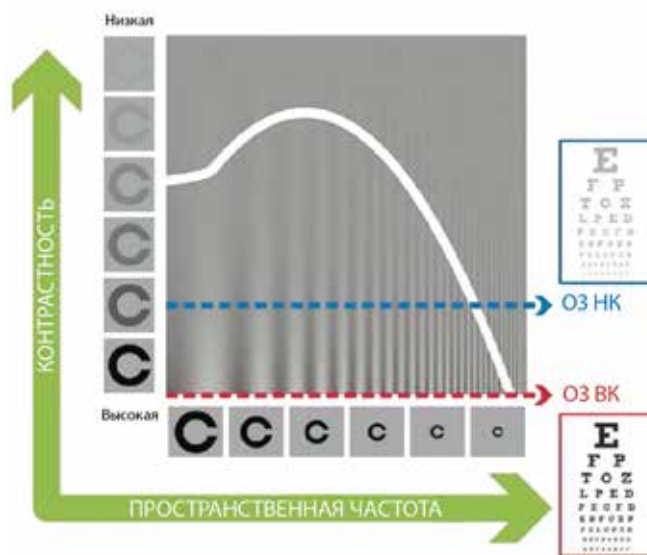


Рис. 1. Функция контрастной чувствительности: ОЗ НК – острота зрения при низкой контрастности, ОЗ ВК – острота зрения при высокой контрастности

Изображение любезно предоставлено компанией «Адаптив Сенсори Текнолоджи, Инк» (Adaptive Sensory Technology, Inc.)

генерации, когда выраженное ухудшение ФКЧ можно выявить еще до значительного снижения остроты зрения [5].

В условиях исследования проверка ФКЧ требует участия опытных специалистов и многократных, затратных по времени измерений. Однако недавние достижения в области оценки ФКЧ позволили существенно сократить продолжительность этой процедуры. Компьютерная обработка данных ускоряет оценку ФКЧ за счет эффективного использования информации, полученной в ходе эксперимента, с учетом теоретических знаний об общей форме ФКЧ. Благодаря оценке параметров ФКЧ результат однократного определения пространственной частоты поможет выполнить оценку для всех частот [9]. Определение ФКЧ традиционными методами занимает 30–60 мин. Методика быстрого определения ФКЧ (БФКЧ) позволяет получить результаты в течение 10 мин или даже быстрее, и эти данные полностью сопоставимы с результатами, полученными традиционными методами [9].

Полагают, что ФКЧ тесно связана с ежедневной функцией зрения [6–8]. Путем количественной оценки эффективности зрительного восприятия в диапазоне пространственных частот обнаружено, что ФКЧ или более специфичный параметр, такой как площадь под кривой ФКЧ, очень чувствительны к изменениям эффективности зрительного восприятия [10]. Например, было показано, что площадь под кривой ФКЧ уменьшается на 0,31, 0,48 и 0,57 логарифмических единиц у людей после 60, 70 и 80 лет [11]. Также выраженное улучшение остроты зрения после хирургического лечения катаракты у пяти пациентов сопровождалось в среднем увеличением на 0,53 логарифмических единиц [11]. В данном исследовании по оценке производительности метода БФКЧ для выявления изменений эффективности зрительного восприятия Ху (Hou) и соавторы обобщили данные, которые свидетельствуют, что изменение площади под логарифмической кривой ФКЧ на 0,15, 0,30 и 0,45 логарифмических единиц соответствует слабо выраженным, умеренным и выражен-

ным изменениям ФКЧ в клинических популяциях.

Помимо оценки и мониторинга офтальмологических патологий, метод БФКЧ также использовался для определения эффективности различных КЛ. Было обнаружено, что использование однодневных КЛ Acuvue Oasys сопровождается увеличением площади под кривой ФКЧ на 14–30% по сравнению с такими же двухнедельными (отрицательный контроль) или однодневными линзами с +0,25 дптр (положительный контроль) [13].

### Зрительная система

Зрительная система является сложной и включает в себя несколько переменных, которые могут влиять на общее зрительное восприятие. Ранее уже упоминался процесс обработки информации нейронами головного мозга, при котором пробелы в изображении могут интерполироваться на основании ранее полученных знаний. В самом глазу, помимо точной коррекции сферических и астигматических ошибок, на качество зрения также влияют аберрации более высоких порядков. Такие аберрации, к примеру, как кома (несимметричная аберрация), сферическая аберрация и «трилистник», варьируются по величине в зависимости от размера зрачка, который в свою очередь меняется, исходя из уровня освещенности, аккомодации, возраста человека и рефракции. Качество слезной пленки как первой границы раздела оптической системы и воздуха также имеет большое значение, а пользователи КЛ, с этой точки зрения, требуют особого внимания ввиду известных дополнительных дестабилизирующих эффектов при ношении КЛ [14].

Далее рассматриваются аспекты рассеяния света, являющегося причиной бликов и ореолов, при прохождении через зрительную систему. В целом рассеяние света – это процесс, при котором свет отклоняется от своей траектории вследствие взаимодействия с локальными неоднородностями в средах глаза. Такое рассеяние света внутри глаза, которое не связано с состоянием рефракции, может



Рис. 2. Примеры источников бликов: солнце (слева) и фары автомобиля (справа)

существенно ухудшать контрастность изображения на сетчатке, особенно при наблюдении объектов, имеющих источники яркого света или отблески [15]. Влияние рассеяния света внутри глаза на эффективность зрительного восприятия, как и отрицательное влияние некоторых видов офтальмологической патологии, не всегда можно количественно оценить только по остроте зрения. Это указывает на необходимость использования других параметров его оценки [16].

Что касается устранения части этих нежелательных эффектов, то здесь может быть полезно использовать фильтры для уменьшения общей освещенности или защиты от источников света с определенными длинами волн. На какие же параметры эффективности зрительного восприятия можно повлиять за счет использования определенных светофильтров?

## **Ключевые параметры оценки эффективности зрительного восприятия, на которые влияет использование светофильтра**

### **Блики**

Блики возникают тогда, когда яркость освещения или коэффициенты яркости чрезмерно высоки по отношению к состоянию адаптации. Блики снижают контрастную чувствительность [17] и остроту зрения при

высокой и низкой контрастности [18]. Американский национальный институт стандартизации офисного освещения (ANSI/IES RP-1-12) разделяет блики на два типа: слепящие блики, временно ухудшающие зрение, и дискомфортные – вызывающие раздражение от воздействия света. В ответ на блики человек часто испытывает некоторый дискомфорт и, помимо сужения зрачка и прищуривания, пытается отвести взгляд от их источника. Типичными примерами являются прикрывание глаз от солнечного света в яркий день или отведение взгляда от света встречных фар автомобилей во время вождения ночью (рис. 2). Хотя использование фильтров, таких как солнцезащитные очки, не приводит к изменению коэффициента яркости, смотреть через них более комфортно, поскольку уменьшается общее воздействие света на сетчатку. Использование спектральных фильтров помогает уменьшить влияние обоих типов бликов: оно повышает устойчивость к слепящим бликам и увеличивает ширину полосы частот для комфортного зрительного восприятия при наличии дискомфортных бликов (табл. 1).

### **Прищуривание**

При чрезмерно ярком свете человек прищуривается, пытаясь уменьшить дискомфорт в глазах от его воздействия. В повседневной жизни необходимость прищуриваться в течение длительного времени может приве-

Таблица 1

### Ключевые параметры эффективности зрительного восприятия, на которые влияет использование светофильтров

Параметр	Пример из реальной жизни
Блик (два типа)	Дискомфорт от яркого света, временное ослепление при чрезмерно ярком свете, когда происходит большее рассеивание света внутри глаза, снижение контрастной чувствительности при рассматривании дорожных знаков в солнечный день
Реакция в виде прищуривания	Избегающая реакция на некомфортный уровень освещения, например на яркий солнечный свет
«Вспышки»/ореолы	Гало вокруг ярких источников света, таких как фары автомобиля
Цветовой контраст	Реальные видимые объекты содержат цветовые границы. Использование фильтра, в большей степени блокирующего одну границу, чем другую, позволяет повысить четкость при различении границ разных цветов
Время восстановления после стрессового воздействия света	Время, необходимое для восстановления зрения после ослепления под действием яркого света
Оптический диапазон восприятия	Сужение оптического диапазона вследствие рассеяния света и дымки вне помещения

сти к дискомфорту и зрительному утомлению. Было доказано, что блики вызывают такую реакцию век из-за сокращения круговой мышцы глаза [19–20]. Это приводит к ощущениям утомления глаз и дискомфорта [3, 19]. В условиях исследования реакция в виде прищуривания может быть использована для измерения рефлексов на различные источники света. Учитывая, что прищуривание происходит в ответ на влияние чрезмерно яркого света, логично предположить следующее: использование спектраль-

ных фильтров могло бы уменьшить выраженность этой реакции.

#### «Вспышки»/ореолы

Дисфотопсия – состояние, при котором появляются ореолы, «вспышки» или блики (рис. 3). Оно часто отмечается у пациентов с искусственными хрусталиками или после операции ЛАСИК. Возрастные изменения органа зрения сопровождаются увеличением рассеяния света внутри глаза, что повышает частоту возникновения дисфотопсии. При изучении эффективности зрительного восприятия у автомобилистов с нарушением зрения и без него Ортис (Ortiz) с коллегами обнаружили, что водители с патологией обладают повышенной чувствительностью к бликам и отмечают появление более крупных ореолов вокруг центральных источников света, что существенно снижает способность замечать периферические [21]. Предполагалось, что при ухудшении эффективности зрительного восприятия водителю сложнее заметить пешеходов и дорожные знаки – это считается фактором риска при вождении автомобиля. Учитывая наличие связи с рассеянием света и бликами, опять же логично предположить, что использование спектральных фильтров помогло бы уменьшить восприятие «вспышек» и ореолов.



Рис. 3. Пример бликов в виде вспышек, наблюдаемых от света фар встречного автомобиля

## Цветовой контраст

Представьте черно-белую картину, где меняется только яркость изображения. Это пример ахроматического контраста. Цветное изображение будет различаться по хроматичности (насыщенности цвета) (рис. 4), которая может проявляться в пространственном выражении, то есть как пространственный цветовой контраст, или во времени – временной цветовой контраст [22]. Пространственный контраст на рис. 4 меняется за счет разного цвета листьев на дереве, в то время как временной цветовой контраст может проявляться в виде изменения различий между этими цветами во времени в зависимости от окружающего освещения в течение дня. График цветовой ФКЧ показывает, что при низких пространственных частотах цветовая контрастная чувствительность более выражена, чем ахроматическая. При высоких пространственных частотах наблюдается значительно большая ахроматическая контрастная чувствительность, что можно видеть на крайнем дальнем участке кривой ФКЧ, где измеряется острота зрения при высокой контрастности с использованием черно-белого объекта. Различия также существуют между разными цветами: более высокая контрастная чувствительность характерна для красно-зеленых цветов на решетке, а меньшая – для сине-желтых. Эти различия можно использовать в совокупности с ахроматической ФКЧ для подробной оценки эффективности зрительного восприятия. Усиление контраста, в том числе цветового, за счет использования фильтров улучшает общее пространственное зрение благодаря лучшему видению краев наблюдаемых объектов [23, 24]. Представьте, как улучшенный цветовой контраст может помочь отличать детали, например, синее небо от зеленых деревьев на представленном изображении (рис. 4).

## Время восстановления после стрессового воздействия света

Связанный с бликом фотостресс является последствием влияния чрезмерно ярко-го слепящего блика на орган зрения. После



Рис. 4. Изображение, иллюстрирующее понятие цветового контраста

воздействия яркого света зрительной системе необходимо время для коррекции состояния, адаптации. Время восстановления после стрессового воздействия света используют в качестве клинического параметра оценки функции зрения. Это позволяет дифференцировать ряд разных патологических состояний: более длительное время восстановления было выявлено у пациентов с макулопатией по сравнению с пациентами с поражением зрительного нерва [25]. Внезапная потеря зрения может привести к инвалидизации. В качестве ежедневно встречающегося примера можно привести время, которое требуется на восстановление зрения после ослепления светом (слепящий блик) фар встречной машины при вождении автомобиля. Использование спектрального фильтра может ускорить восстановление после стрессового воздействия света [26, 27], а в нашем примере из реальной жизни – потенциально повысить безопасность вождения.

## Зрительный диапазон, который обеспечивают светофильтры

Считается, что при рассматривании многих объектов вне помещения человек воспринимает большое количество средне- и длинноволнового света [28]. Он видит предметы на общем фоне, в котором преобладает коротковолновый свет: атмосфера Земли рассеивает этот коротковолновый свет с образо-

ванием типичной дымки, которая напоминает голубое небо. Эта голубая дымка ухудшает видимость, в результате чего мы видим не так хорошо и не так далеко. Спектральные фильтры позволяют сделать шире зрительный диапазон за счет блокирования рассеянного синего света, ассоциированного с дымкой. Такое расширение позволяет лучше рассматривать детали на большем расстоянии. Теоретически это принесет пользу пациентам: при игре в гольф они смогут четче различать детали на дальних расстояниях, а у пилотов воздушных судов улучшится зрительное восприятие.

### Влияние фотохромных очковых линз на эффективность зрительного восприятия

Принципы, лежащие в основе широкого использования фотохромных очковых линз, заключаются в создании фильтра, который адаптируется к разным уровням освещенности, воздействующим на глаза в повседневной жизни. Однако влияние этих линз

на функцию зрения изучено недостаточно хорошо. В недавнем исследовании, посвященном этому вопросу, ученые внимательно подошли к выбору параметров оценки функции зрения, чтобы наилучшим образом отразить реальные условия [29]. Воздействие слепящего и дискомфортного бликов, цветовой контраст и время восстановления после стрессового воздействия света оценивали у 75 здоровых взрослых добровольцев в возрасте от 19 до 73 лет [средний возраст =  $(45,61 \pm 13,24)$  года]. Исследователи взяли три типа частично активированных фотохромных линз с коэффициентом пропускания света в стабильном состоянии 63 % (серый 1), 71 % (серый 2) и 71 % (коричневый) и сравнили их с прозрачными линзами из поликарбоната с коэффициентом – 92 %. Стимулы, которые они использовали для измерения четырех зрительных функций, близко совпадали с источниками света вне помещения. Например, спектр ксенонового света применялся для оценки воздействия слепящего блика и восстановления после стрессового воздействия яркого солнечного света.

Таблица 2

#### Краткое описание влияния фотохромных очковых линз на эффективность зрительного восприятия

Параметр	Результаты	Улучшение по сравнению с прозрачными линзами
Дискомфортные блики	Значимое улучшение ( $p < 0,05$ ) при использовании активированных фотохромных линз (серый 1) по сравнению с прозрачными линзами по результатам количественной оценки прищуривания и субъективных реакций ( $p < 0,05$ )	Улучшение примерно на 20%*
Слепящие блики	Значимое улучшение ( $p < 0,05$ ) при использовании изученных активированных фотохромных линз по сравнению с прозрачными линзами	Улучшение примерно на 13–20 %
Время восстановления после стрессового воздействия света	Значимое сокращение ( $p < 0,05$ ) времени восстановления при использовании активированных фотохромных линз (серый 1) по результатам количественной оценки прищуривания и субъективных реакций ( $p < 0,05$ )	Сокращение времени восстановления примерно на 33 %
Цветовой контраст	Значимое улучшение ( $p < 0,05$ ) при использовании изученных активированных фотохромных линз по сравнению с прозрачными линзами. Улучшение цветового контраста было отмечено при рассматривании через фотохромные линзы (серый 1)	Улучшение примерно на 13–20 %

\* Следует учесть, что эта реакция, как психологическая переменная, является нелинейной.

Результаты показали, что изученные зрительные функции заметно улучшились при применении всех активированных фотохромных линз по сравнению с прозрачными линзами (табл. 2). Был сделан вывод, что использование фильтров в виде фотохромных линз существенно повышает способность пациента справляться с интенсивным широкополосным и коротковолновым светом и адаптироваться к норме после воздействия интенсивного фотострессового фактора [29]. При снижении интенсивности влияния света пигментный слой сетчатки обесцвечивается в меньшей степени, что приводит к небольшим изменениям состояния адаптации и быстрому восстановлению. Важно отметить, что эти данные можно использовать в реальных ситуациях. Например, во время вождения автомобиля со скоростью 97 км/ч среднее уменьшение времени восстановления после стрессового воздействия света почти на 5 с означает, что при использовании активированных фотохромных линз объект на дороге можно будет увидеть примерно на 145 м раньше, чем в прозрачных линзах.

В еще одной работе было изучено влияние интраокулярных линз (ИОЛ), содержащих фильтры для синего света, на эффективность зрительного восприятия. При сравнении с ИОЛ, не имеющими защиту от видимого синего света, пациенты, использовавшие ИОЛ с фильтром для синего излучения, отмечали уменьшение слепящих бликов и улучшение параметров безопасного вождения во время теста на специальном симуляторе [30]. По результатам исследования был сделан вывод о том, что использование спектральных фильтров может, к примеру, повысить безопасность вождения в дневное время при наличии бликов [30]. В отдельном исследовании *in vivo* при контралатеральном сравнении ИОЛ с фильтром для синего света и без него было выявлено значимое положительное изменение в восприятии слепящих бликов, а также улучшение порога цветового контраста и восстановления по-

сле стрессового воздействия света при использовании ИОЛ с фильтром [27].

Хотя наличие фильтров для синего света не улучшает остроту зрения, существует множество примеров спектральных фильтров в природе, что позволяет догадаться об их роли в формировании эволюционного преимущества [31]. У людей значительная часть фильтрации выполняется с участием макулярного пигмента на основе желтого – лютеина и зеаксантина. Было показано, что использование защитного экрана для колбочек центральной ямки от коротковолнового света улучшает восприятие слепящих бликов, цветовой контраст и восстановление после стрессового воздействия света [31]. Эти результаты позволяют подтвердить наблюдения, описанные у других видов, согласно которым применение фильтров для желтого света улучшает многие аспекты эффективности зрительного восприятия.

## Следующий этап эволюции контактных линз

В апреле 2018 года Управление США по контролю качества пищевых продуктов, медикаментов и косметических средств (FDA) одобрило использование КЛ с дополнительной функцией автоматического затемнения линзы при воздействии яркого света. Линзы Acuvue Oasys с технологией Transitions\* были разработаны более чем за 10 лет в стратегическом партнерстве с компанией Transitions Optical. Это первые КЛ в своей категории, обеспечивающие пользователям коррекцию зрения и имеющие динамический фотохромный фильтр, постоянно уравнивающий количество света, воздействующего на глаза. После начала продаж в 2019 году этих линз в течение нескольких месяцев ожидается получение большего объема информации, результатов клинических исследований и отзывов пациентов о применении этой новой технологии адаптивного светофильтра.

\* Линзы Acuvue Oasys с технологией Transitions не заменяют солнцезащитные очки.



## Заключение

■ На общее зрительное восприятие влияет множество разных факторов. Острота зрения – лишь один из показателей его качества, и в реальных условиях полную картину зрительного восприятия обеспечивают динамический характер зрительных задач, с которыми мы сталкиваемся, функционирование зрительных систем, меняющиеся в широком диапазоне уровни освещенности, а также зрительные ощущения.

■ Ключевые параметры эффективности зрительного восприятия, играющие определенную роль в повседневной жизни, можно измерить. Это позволяет количественно оценить и сравнить эффективность корректирующих оптических изделий.

■ Фотохромные очковые линзы улучшают зрительное восприятие по четырем ключевым параметрам.

■ В 2019 году на рынке появятся первые фотохромные КЛ, эффективность которых в клинических условиях еще предстоит изучить.

## Список литературы

1. Cheng X, Maggio T, Johnson B, Coles-Brennan C. Life demands more than 20/20. *Contact Lens Spectrum* 2017; 32: 33–35, 44.
2. Jubin P, Buch J, Nankivil D. The three dimensions of vision satisfaction. *Contact Lens Spectrum* April 2018; 33: 38–42, 51.
3. Buch J, Hofmann G, Ruston D. Getting into your comfort zone. *Contact Lens Spectrum* July 2018; 33: 34–38, 40, 41.
4. Pelli DG, Bex P. Measuring contrast sensitivity. *Vision research* 2013; 90: 10–14.
5. Owsley C. Contrast sensitivity. *Ophthalmology clinics of North America* 2003; 16: 171–177.
6. Arden GB, Jacobson JJ. A simple grating test for contrast sensitivity: preliminary results indicate value in screening for glaucoma. *Investigative ophthalmology & visual science* 1978; 17: 23–32.
7. Jindra LF, Zemon V. Contrast sensitivity testing: a more complete assessment of vision. *Journal of cataract and refractive surgery* 1989; 15: 141–148.
8. Shandiz JH, Nourian A, Hossaini MB, et al. Contrast Sensitivity versus Visual Evoked Potentials in Multiple Sclerosis. *Journal of ophthalmic & vision research* 2010; 5: 175–181.
9. Lesmes LA, Lu ZL, Baek J, Albright TD. Bayesian adaptive estimation of the contrast sensitivity function: the quick CSF method. *Journal of vision* 2010; 10: 17 11–21.
10. Hou F, Lesmes LA, Kim W, et al. Evaluating the performance of the quick CSF method in detecting contrast sensitivity function changes. *Journal of vision* 2016; 16: 18.
11. Owsley C, Sekuler R, Siemsen D. Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision research* 1983; 23: 689–699.
12. Kalia A, Lesmes LA, Dorr M, et al. Development of pattern vision following early and extended blindness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2014; 111: 2035–2039.
13. Cheng X, Moody K, J X. Visual performance of silicone hydrogel daily disposable contact lenses. BCLA. Liverpool, UK; 2017.
14. Craig JP, Willcox MD, Argueso P, et al. The TFOS International Workshop on Contact Lens Discomfort: Report of the Contact Lens Interactions With the Tear Film Subcommittee. *Investigative ophthalmology & visual science* 2013; 54: TFOS 123–156.
15. Puell MC, Perez-Carrasco MJ, Palomo-Alvarez C, Antona B, Barrio A. Relationship between halo size and forward light scatter. *The British journal of ophthalmology* 2014; 98: 1389–1392.
16. Van Den Berg TJ, Van Rijn LJ, Michael R, et al. Straylight effects with aging and lens extraction. *American journal of ophthalmology* 2007; 144: 358–363.
17. Harrison JM, Applegate RA, Yates JT, Ballentine C. Contrast sensitivity and disability glare in the middle years. *Journal of the Optical Society of America A, Optics, image science, and vision* 1993; 10: 1849–1855.
18. Regan D, Giaschi DE, Fresco BB. Measurement of glare sensitivity in cataract patients using low-contrast letter charts. *Ophthalmic & physiological optics* 1993; 13: 115–123.
19. Gowrisankaran S, Sheedy JE, Hayes JR. Eyelid squint response to asthenopia-inducing conditions. *Optometry and vision science* 2007; 84: 611–619.
20. Sheedy JE, Truong SD, Hayes JR. What are the visual benefits of eyelid squinting? *Optometry and vision science* 2003; 80: 740–744.
21. Ortiz C, Castro JJ, Alarcon A, Soler M, Anera RG. Quantifying age-related differences in visual-discrimination capacity: drivers with and without visual impairment. *Applied ergonomics* 2013; 44: 523–531.
22. Witzel C, Gegenfurtner K. Chromatic Contrast Sensitivity // Luo R (ed.), *Encyclopedia of Color Science and Technology*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014: 1–7.
23. Luria SM. Vision with chromatic filters. *American journal of optometry and archives of American Academy of Optometry* 1972; 49: 818–829.
24. Wolffsohn JS, Cochran AL, Khoo H, Yoshimitsu Y, Wu S. Contrast is enhanced by yellow lenses because of selective reduction of short-wavelength light. *Optometry and vision science* 2000; 77: 73–81.
25. Glaser JS, Savino PJ, Summers KD, McDonald SA, Knighton RW. The photostress recovery test in the clinical assessment of visual function. *American journal of ophthalmology* 1977; 83: 255–260.
26. Hammond BR, Bernstein B, Dong J. The Effect of the AcrySof natural lens on glare disability and photostress. *American journal of ophthalmology* 2009; 148: 272–276 e272.
27. Hammond BR, Jr., Renzi LM, Sachak S, Brint SF. Contralateral comparison of blue-filtering and non-blue-filtering intraocular lenses: glare disability, heterochromatic

contrast, and photostress recovery. *Clinical ophthalmology* (Auckland, NZ) 2010; 4: 1465–1473.

28. Wooten BR, Hammond BR. Macular pigment: influences on visual acuity and visibility. *Prog Retin Eye Res* 2002; 21: 225–240.

29. Renzi-Hammond LM, Hammond BR, Jr. The effects of photochromic lenses on visual performance. *Clinical & experimental optometry* 2016; 99: 568–574.

30. Gray R, Perkins SA, Suryakumar R, Neuman B, Maxwell WA. Reduced effect of glare disability on driving

performance in patients with blue light-filtering intraocular lenses. *Journal of cataract and refractive surgery* 2011; 37: 38–44.

31. Hammond BR, Jr. The visual effects of intraocular colored filters. *Scientifica* 2012; 2012: 424965.

32. Hammond BR, Jr., Fletcher LM, Elliott JG. Glare disability, photostress recovery, and chromatic contrast: relation to macular pigment and serum lutein and zeaxanthin. *Investigative ophthalmology & visual science* 2013; 54: 476–481.

### Measuring total visual experience

The article discusses the main parameters for assessing the effectiveness of visual perception and their role in the overall satisfaction of people with their vision in real life situations, as well as the impact on this perception of the design and material of corrective lenses.

**Keywords:** contrast sensitivity, photochromic lenses, visual perception

Билли Р. Хэммонд (Billy R Hammond), профессор, участник программы исследований головного мозга и поведения Университета штата Джорджия (Джорджия, США), главный исследователь Лаборатории офтальмологии, консультант компании «Джонсон и Джонсон Вижн» (Атланта, США)

Лиза М. Ренци-Хэммонд (Lisa M Renzi-Hammond), доцент кафедры психологии в Университете штата Джорджия (Джорджия, США)

Джон Буч (John Buch), главный оптометрист в области научных исследований компании «Джонсон и Джонсон Вижн» (Атланта, США)

Дерек Нэнкивилл (Derek Nankivil), инженер-разработчик компании «Джонсон и Джонсон Вижн» (Атланта, США)