

ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ ЗРЕНИЕТО ПРИ СЛАБО ЗРЯЩИ

И. Питакова

ОМЦ „Св. Николай Чудотворец“ – Варна

Резюме. По данни на СЗО от 2015 г. в световен мащаб 36 милиона души са слепи, 253 милиона са със зрително увреждане, като 55% от тях са жени. Създател на съвременните оптични средства за слабо виждащи е известният американски учен Уилям Файнблум. Специалните помощни средства за подпомагане на увреденото зрение основно се разделят на неоптични, оптични и електронни. Интерес представляват специалните увеличителни средства за хирургично имплантиране в предния сегмент на окото – минителескопи. Те прилагат концепцията за увеличаване на изображението върху ретината, като използват комбинация от минус и плюс леща като лупа. Технологично достижение е и лещата от ново поколение “Еуемах моно”. Тя е предназначена за монокулярна или двучна имплантация при пациенти с АМД. Новост е използването и на контактна леща за зрителна рехабилитация – СТЛ. Тя е твърда газпропусклива склерална контактна леща. Протезата Argus II е първото епиретинално средство за възстановяване на зрението при пациенти с Retinitis Pigmentosa с минимално остатъчно зрение. В употреба са и очилата с вграден „изкуствен интелект”, но имат недостатък, че са твърде скъпи. OrCam MyEye може да чете всички печатни текстове, освен това устройството открива и разпознава предмети и хора, като отскоро е със софтуер и на български език. В България липсва интегриран подход по проблема за слабо зрящите. За разлика от пълната слепота повечето от лицата с тежки зрителни увреждания имат остатъчно полезно зрение.

Ключови думи: *слепота, увеличителни средства, минителескоп, Argus II протеза, OrCam MyEye*

INNOVATIVE TECHNOLOGIES TO IMPROVE LOW VISION

I. Pitakova

Specialized Eye Clinic “Sv. Nikolay” – Varna

Abstract. According to WHO data from 2015 – globally 36 million people are blind, 253 million are visually impaired, 55% of whom are women. The creator of modern optical aids for the visually impaired is the famous American scientist William Feinbloom. The special devices to support the low vision are mainly divided into non-optical, optical and electronic. Of interest are the special magnifying devices for surgical implantation in the anterior segment of the eye – mini-telescopes. They apply the concept of enlarging the image on the retina, using a combination of minus and plus lenses as a magnifying glass. A new generation lens “Eyemax mono” is also a technological achievement. It is intended for monocular or binocular implantation in patients with AMD. An innovation is the use of a contact lens for visual rehabilitation – Contact Telescopic Lens. It is a solid gas-permeable scleral contact lens. The Argus II prosthesis is the first epiretinal prosthesis that restores vision in patients with Retinitis Pigmentosa. „Artificial intelligence” glasses are too expensive. OrCam MyEye can read all printed texts, in addition, the device detects and recognizes objects and people, and recently has software in Bulgarian. In Bulgaria there is no integrated approach to the problem of the visually impaired. Most people with severe visual impairments, unlike complete blindness, have residual useful vision.

Key words: *blindness, magnifying devices, mini-telescope, Argus II prosthesis, OrCam MyEye*

Зрителната острота е мярка за способността на зрителната сетивна система да различава най-малките подробности на зрителните обекти. Приема се, че зрителната острота и

зрителното поле са двата критерия, по които се класифицират групите зрително затруднени. Според най-добрата зрителна острота с корекция на по-добре виждащото око се раз-

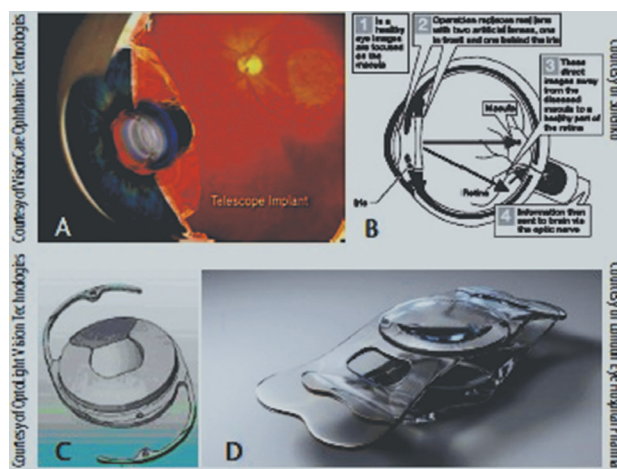
личават два основни вида зрителен дефицит – слепота и слабо зрение. Още от древността са известни опити за подобряване на увреденото или загубеното зрение. Най-ранните данни за съществуването на увеличително средство датират от „Книга за оптиката“, публикувана от арабския учен Ибн ал-Хайтам през 1021 г. Той описва в своята монография увеличаващото действие на сегмент сферично стъкло, което нарича „камък за четене“, и което всъщност е днешната лупа. Създател на съвременните оптични средства за слабо виждащи е известният американски учен Уилям Файнблум. През 1931 г. е публикувана първата статия за използване на телескопичните очила.

Световната здравна организация дава следното определение [1] за намалено зрение (low vision) и слепота: "намалено зрение се определя като зрителна острота < 0.3 и/или зрително поле < 20°, и слепота – като зрителна острота < 0.05 и/или зрително поле < 10°". По данни на СЗО от 2015 г. в световен мащаб 36 милиона души са слепи, 253 милиона са със зрително увреждане, като 55% от тях са жени [2]. Правени са немалко широкообхватни проучвания за икономическа оценка на слепотата и слабото зрение. Chakravarthy и сътр. [3] оценяват годишната загуба на производителност от слепота и умерено до тежко зрително увреждане (MSVI) при населението на възраст над 50 години в Европейския съюз (ЕС). Приблизителният брой на незрящите в тази възрастова група е ~ 1,28 милиона, като още 9,99 милиона живеят с умерено до тежко увреждане на зрението. Според друго проучване на Pezzullo и Streatfeild [4] загубата на зрението и слепотата от макулна дегенерация (МДСВ), катаракта, диабетна ретинопатия, глаукома и недостатъчно коригирана рефрактивна грешка засягат 1,93 (1,58-2,31) милиона души във Великобритания. Предвид многообхватността и икономическата цена на проблема за слепотата и намаленото зрение е важна възможността за зрителна рехабилитация, както и внедряването на иновативните достижения на технологията за тези пациенти. Специалните помощни средства за подпомагане на увреденото зрение основно се разделят на: 1. Неоптични – различни видове осветление,

различни печатни шрифтове, цветни филтри, поставки за четене (типоскоп) и др. 2. Оптични – разнообразието тук е огромно от ръчни и настолни лупи, монокуляри, бинокли, приспособления за гледане на близки и далечни дистанции (напр. TVMax), визолети, телескопичните очила, които се базират на двете основни телескопични системи – Галилеев тип и Кеплеров тип, както и др. 3. Електронни – настолни и портативни увеличители и периферни видеоустройства (апарат "затворена телевизия", closed circuit television – CCTV).

ВЪТРЕОЧНИ УВЕЛИЧИТЕЛНИ СРЕДСТВА

Интерес представляват специалните увеличителни средства за хирургично имплантиране в предния сегмент на окото – мини-телескопи. Те прилагат концепцията за увеличаване на изображението върху ретината, като използват комбинация от минус и плюс леща като лупа. Примери за импланти от този вид са [5]: имплантируемият миниатюрен телескоп (A); IOL-VIP система (B), Lipschitz Mirror Implant (C) и IOL AMD леща (D) (фиг. 1).



Фиг. 1. Имплантируеми увеличителни средства [5]

Интраокулярните увеличителни устройства имат няколко предимства пред телескопичните средства. Не съществува относително движение между окото и телескопа, което позволява по-добро четене без движение на главата. Те осигуряват по-широко и по-удобно зрително поле от телескопичните очила. Имплантите, които приличат на сложни, технологично усъвършенствани вътреочни лещи (ВОЛ), осигуряват 2,5-кратно увеличение на

входящото изображение, което позволява на изображението да надрасне границите на увеличената фовея. Въпреки че централният скотом не изчезва, той става по-малък в сравнение с изображението, проектирано върху ретината. Това осигурява по-добро централно зрение. Недостатък е 20-градусовото зрително поле. Телескопите, които осигуряват по-голямо увеличение, са предназначени за монокулярно използване, тъй като периферното зрително поле на окото трябва да бъде запазено за способността за ориентация в пространството.

Импантируемият миниатюрен телескоп (IMT, VisionCare) е пример за истински вътреочен телескоп, базиран на принципите на галилеевия телескоп, съдържащ вдлъбната и изпъкнала леща (фиг. 2).



Фиг. 2. IMT – implantable miniature telescope

По данни на Hudson et al. от 2006 г. IMT 002 Study [6] изключващите критерии за имплантация на **IMT – implantable miniature telescope**, са: активно ретинално заболяване, анамнеза за отлепване на ретината, високо-степенни рефракционни аномалии, съдово заболяване на окото и ендотелни клетки под $1600/\text{mm}^2$. IMT се имплантира едноочно, на мястото на лещата, през по-голям отвор. В това проучване са проследени 217 очи на пациенти на средна възраст 76 г., при които на 1-вата година при 67% има 3 и повече реда подобрене на BCVA (най-добра зрителна острота с корекция), сравнено с 13% подобрене в контролното око. През 2008 г. същият автор [7] докладва и за 2-годишно проследяване на зрението на окото с имплантиран IMT.

Isaac Lipshitz от Израел проектира вътреочно телескопично устройство под формата на имплантируем миниатюрен телескоп [8]. То увеличава изображението от 2,2 до 2,7 пъти от нормалния размер. Особеностите при операцията са нуждата от по-голям разрез, по-трудна имплантация, по-голяма възможност за за-

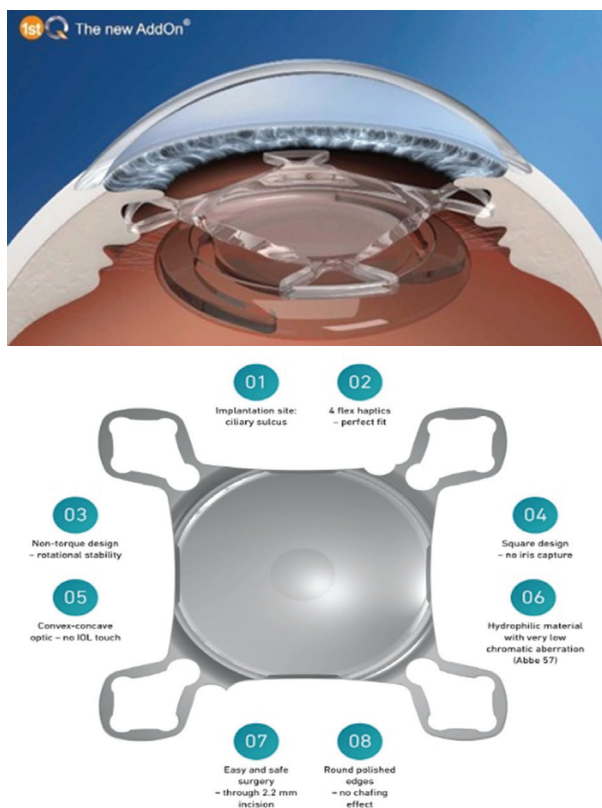
губа на ендотелни клетки и по-дълъг процес на възстановяване на пациента. По-късно във времето Lipshitz проектира телескопична вътреочна леща **IOL – Lipshitz Macular Implant** (LMI, OptoLight, Израел). Първият прототип на LMI е представен през 2005 г. Сега има два модела. Факичният имплант (LMI) има оптичен размер от 5.5 x 6.5 mm и обща дължина 13.0 mm [9]. Една рутинна факоемулсификация е последвана от имплантиране на увеличителната ВОЛ през разрез на роговицата от около 6 mm или чрез склерален тунел. Псевдофакичният имплант **OriLens** (OptoLight, Vision, Израел) също е истински вътреочен телескоп и се използва за вторична piggyback сулкус имплантация. Поради намалената си дебелина от 1,25 mm изисква по-малък хирургичен разрез, което позволява по-кратко време за осъществяване на интервенцията, за възстановяване на пациента и за обучение на хирурга. Потенциалните кандидати за този вътреочен телескоп трябва да бъдат тествани преди операцията с външен увеличител x 2.5, използвайки ETDRS таблицата. OptoLight има разработена специална компютърно-базирана програма за пред- и следоперативно тестване. Пациентите с предоперативна зрителна острота, варираща от 20/60 до 20/800, които показват подобрене на зрителната острота за далече или близо при тестване с външен телескопичен увеличител x 2,5, са подходящи кандидати за този тип хирургия (фиг. 3).



Фиг. 3. OriLens – Isaac Lipshitz lens

Друг вид имплантируема вътреочна телескопична леща е **Schariot Macula Lens** (SML) [10]. Тя е бифокална акрилна хидрофилна леща за сулкус фиксация, с add-on възможност за +10.00Д добавка. Новият Шарийот Макула увеличител (SML, Medicontur) е предназначен за монокулярно имплантиране в по-доброто око. SML е телескопично устройство, което може да бъде имплантирано чрез

микроинцизия от 2,2 mm. Тъй като периферната зона на SML е оптически неутрална, тя не се отразява нито на зрението за далече, нито на зрителното поле (фиг. 4).

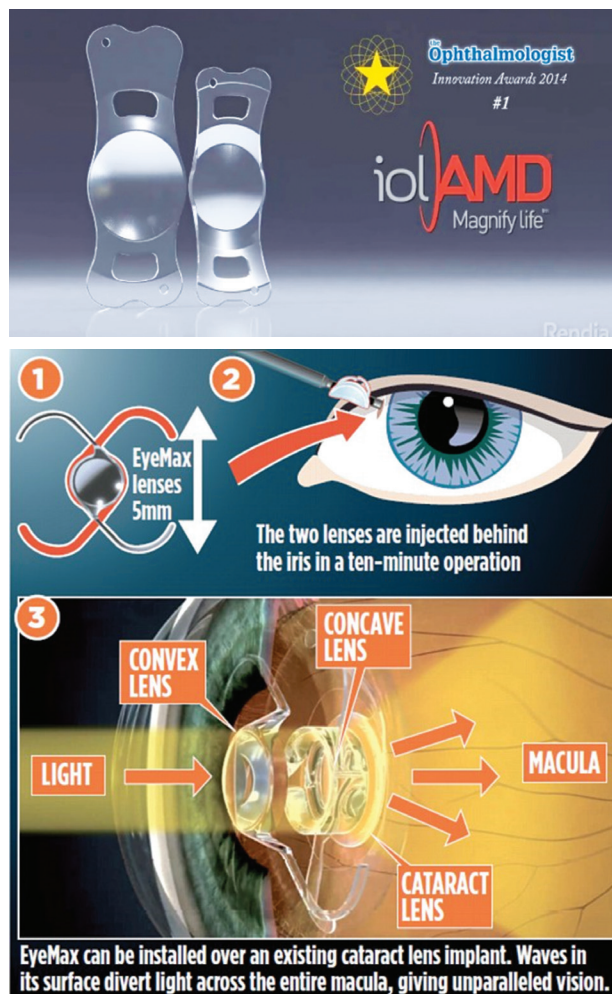


Фиг. 4. Schariot Macula Lens

Nekolova J. и съавт. проследяват пациенти с МДСВ след имплантация на Schariot Macula Lens за период от 6 месеца. При всички болни установяват подобрене на зрителната острота за близо – на 15 cm, като само при един МДСВ е преминала във влажна форма [11].

Технологично достижение е и лещата от ново поколение **Еуемах моно** [12]. Тя е предназначена за монокулярна или двучна имплантация при пациенти с АМД. Създадена е от очния хирург Боби Куреши (London Eye Hospital) и оптичния физик Пабло Артал (Murcia University). При нея уникалната Wavefront оптимизирана и асферична оптика осигурява добро изображение във всички зони до 10 градуса от фовеоларния център в сравнение със стандартната монофокална леща. Основният начин на действие е използването на единични или множествени ретинални локуси. Възможностите за виждане варират в зависимост от разстоянието от фовеята и от конусчевата плътност. Във

фовеолата зрението е 1.0. На десет градуса от нея, или приблизително 3 mm визусът е $0,2 = 6/30$. Конусчевата плътност спада рязко от 200 k/mm^2 във фовеолата до 100 k/mm^2 в края на фовеята и до 10 k/mm^2 на десет градуса от нея. Qureshi и сътр. през 2016 г. имплантират Еуемах моно на 244 очи на пациенти на средна възраст 79.6 г. Селекцията на пациентите включва критерии за изключване: нелекувана или активна неоваскуларна МДСВ и диабетна макулопатия, зрение по-добро от 0.5 (6/12), бременност, ендотелна дистрофия на Фукс или факодонеца. Относителни противопоказания са синдром на псевдоексфолиация, зонуларна слабост или дехисценция, предварителна кераторефрактивна хирургия или проникваща кератопластика, предишна хирургична операция за отлепване на ретината и тежка глаукома. Съотношението мъже: жени е 98:146 и периодът за проследяване е 3 месеца. Резултатите са BCVA +18 ETDRS за далечно и +24 ETDRS за близо (фиг. 5).



Фиг. 5. IOL AMD EyeMax mono [12]

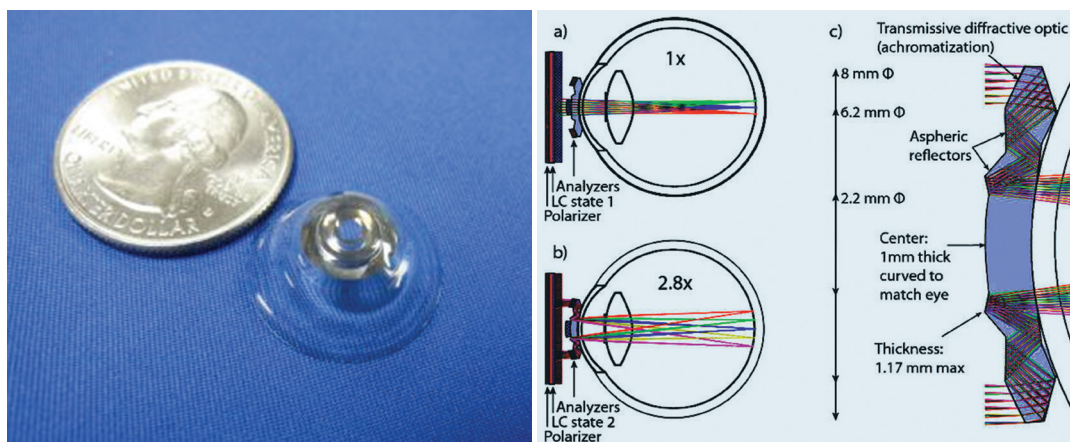
ТЕЛЕСКОПИЧНА КОНТАКТНА ЛЕЩА

Новост е използването на контактна леща за зрителна рехабилитация – **Contact Telescopic Lens (CTL)** [13]. Тя е твърда газпропусклива склерална контактна леща, добре проучена от екипа на Ерик Тремблей. В кръг в центъра ѝ са вградени френелови призми, които пречупват няколко пъти светлината, което позволява увеличаване на образа до 2,8 пъти. Освен на увеличител те играят ролята и на коректор на хроматичната aberация. Лещата дава това увеличение, въпреки че е с дебелина от едва 1.17 mm. Поради факта, че лещите са големи и дебели в средата, се ограничава въздушният поток до повърхността на окоето и те могат да се носят само за кратък период от време. За да може да се превключва от режим на увеличение към нормален образ, лещите трябва да се носят с електронни очила. С премигване на едното око очилата превключват към поляризиран филтър, който насочва светлината към телескопичните лещи. С премигване на другото око настройката се изключва и светлината започва да преминава нормално. Първи публикации в литературата върху идеята за телескопична контактна леща се откриват още през 1974 г. в статията на Gerstman и Levene [14] (фиг. 6).

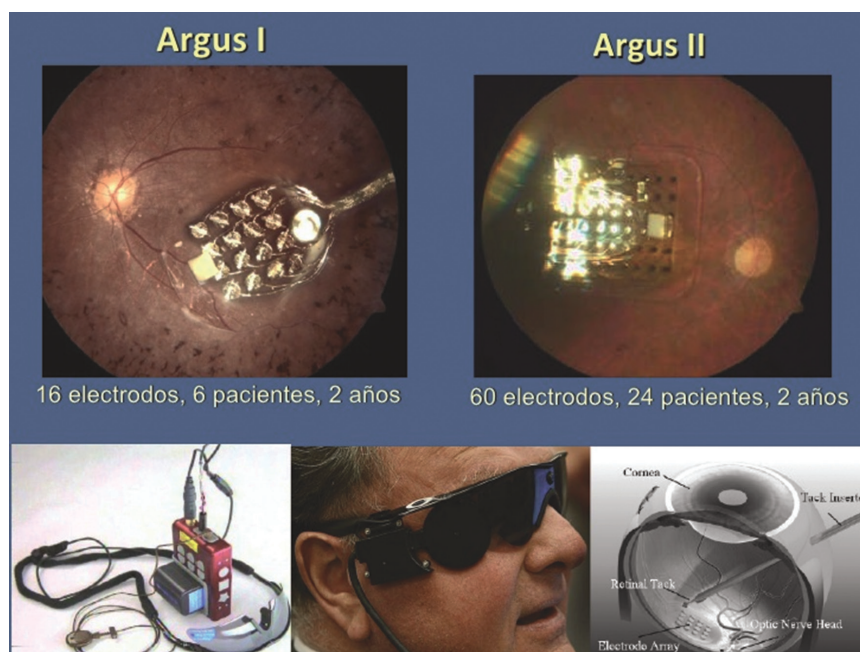
БИОНИЧНО ОКО

Идеята за **бионично око** [15] датира още от 1956 г., когато Греъм Тасикър описва как фоточувствителна клетка от селен, поставена зад ретината на сляп пациент, е довела до

фосфени. През 1960-1970 г. Brindley и Dobelle са пионерите в областта на изкуственото зрение чрез имплантиране на електроди в зрителния кортекс. През 2009 г. в Moorfields Eye Hospital се докладват 2 случая на ретинална протеза [16]. Този модел се състои от безжична миникамера и предавател, монтиран върху чифт очила. Миникамерата подава инфоизображения към микрокомпютър в джоба на пациента. Той препраща преработените изображения към електрически миниприемател, имплантиран зад ретината. След което ги трансформира в електрически импулси и ги насочва към ганглийните клетки. От там чрез зрителния нерв те достигат зрителния кортикален център на мозъка (фиг. 7). Това е пример за супрахороидална имплантация. Съществуват различни места на имплантите в окоето, според което протезите биват: епиретинални (Argus II, EPIRET), субретинални (алфа-ИМС) и супрахороидални (Bionic Vision Australia) [16]. Епиретиналното местоположение благоприятства стимулирането на ганглийни клетки, докато субретиналните импланти благоприятстват активирането на биполярни клетки. Апаратът alpha-IMS (Retina Implant AG, Reutlingen, Германия) е тестван в две клинични проучвания, включващи общо 47 пациенти [17]. Неговото субретинално местоположение благоприятства стимулирането на биполярни клетки в ретината, която е загубила своите фоторецептори поради дегенерация. Светлинното наблюдение се медира от вътреочните фотодиоди, така че работи без външна камера.



Фиг. 6. Телескопична контактна леща



Фиг. 7. Ретинална протеза Argus II

Протезата Argus II е първото епиретинално средство за възстановяване на зрението при пациенти с Retinitis Pigmentosa с минимално остатъчно зрение. Технологиата е в състояние да възстанови зрение на ниво възприятие на форма [18]. Прилагането на тази технология в клиничната практика изисква комбинирана работа и мултидисциплинарен подход, който включва специализиран хирургичен екип, както и специализиран екип за рехабилитация, за да се постигнат оптимални резултати. Тридесет участници в 10 центъра в САЩ и Европа участват в 5-годишно тестване на безопасността и ефективността на ретиналната протеза Argus II. Петгодишните резултати [19] от проучването Argus II подкрепят профила на безопасност в дългосрочен план и ползата от системата Argus II за пациенти, ослепели в резултат на пигментен ретинит. В процес на разработване е Argus III, която е с много повече електроди и разделителна способност.

ИЗПОЛЗВАНЕ НА СТВОЛОВИ КЛЕТКИ

Използването на стволови клетки позволява да се коригират генетични дефекти на зрението, водещи до ослепяване. На пациента се трансплантират специално обработени стволови клетки, което е обещаващ подход за

лечение на тежките и nelечими очни заболявания. Използването на стволови клетки обаче често е ограничено от недостиг на налични тъканноспецифични стволови клетки. Мезенхимните стволови клетки (MSC) [20] проявяват много предимства поради многоленовия си диференциален потенциал, лекотата в култивирането и имуномодулаторните си свойства, които са от решаващо значение за изследванията на регенерирането на ретината. Изследванията върху животни са показали, че субретиналната трансплантация на MSC забавя дегенерацията на ретината и запазва функцията ѝ чрез трофичен отговор. В проучванията при плъхове мезенхимни стволови клетки, получени от пъпна връв (UC/MSCs), съдържат неврозащитните характеристики на ганглийните клетки [21].

ВИСОКОТЕХНОЛОГИЧНИ ОЧИЛА

Очила с вграден „изкуствен интелект“, но с недостатък, че са твърде скъпи. Ето няколко примера от ново поколение – OrCam MyEye 2 и MyReader – това е иновативно достижение, което прави всекидневния живот по-лесен за незрящите и зрително затруднените [22]. Тук технологията се свежда до микрокомпютър, оборудван с камера, прилягащ стандартно към всички видове очила. OrCam MyEye може

да чете всички печатни текстове, освен това устройството открива и разпознава предмети и хора, като отскоро е със софтуер и на български език. ICI Vision подобрява зрението чрез индивидуално оптимизирана платформа за цифрови очила [23]. Тяхното инженерно решение, Envanced Vision Engine (EVE), съчетава както софтуерни, така и хардуерни системи, обединява изкуствен интелект, компютърна визия, обработка на изображения, ретинална проекция, мини HD камера и собствени алгоритми за проследяване на очите в една платформа, даваща зрително възприемане на околната среда в реално време (фиг. 8).

Освен стандартните технически помощни средства и новите технологични хирургични достижения, в помощ на слабо зрящите са разработени множество хардуери и софтуерни програми.

Софтуер: Брайлови транслатори – програми за конвертиране на електронен текст в брайлов код. Специализиран софтуер за оптично разпознаване на текст и програми за увеличение на екранното изображение, екранни четци за Windows и др. Например: електронен преносим видеоувеличител SAPHIRE. Той се

поставя директно върху материала за четене и осигурява увеличение от 3.4 до 16 пъти върху ярко осветен 7-инчов дисплей. SAPHIRE може да се свърже с телевизор и компютър (фиг. 8).

Хардуер: брайлови дисплеи и брайлови принтери, както и преносими и настолни скенери. Например: ScannaR е плосък скенер, който сканира всеки текстов документ и го чете за секунди. За разлика от други продукти за сканиране и четене не е необходимо да се свързва с персонален компютър, тъй като има собствен твърд диск с място до 500 000 страници текст, което го прави един от най-лесно преносимите продукти за сканиране и четене (фиг. 9). Има версии на английски, френски, немски, италиански и испански език. За изпълнение на всички функции са необходими само 7 бутона. Включва директна връзка BrailleNote и VoiceNote, а размерите му са: 19,3" (l) x 12,8" (w) x 3,5" (h). Пример за най-ново поколение брайлов дисплей е Brailiant. Брайловите дисплеи са особено удобни за четене, навигацията на дисплея им е проста и интуитивна. Всички Brailiant варианти са леки, преносими, компактни и здрави, съчетаеми с неподвижен компютър, лаптоп или предпочитан мобилен телефон (фиг. 10).



Фиг. 8. Очила – ICI Vision, SAPHIRE, OrCam MyEye



Фиг. 9. ScannaR



Фиг. 10. Brailiant

Слепотата често се превръща в живот в успоредна реалност. В България липсва интегриран подход по проблема за слабо зрящите. За разлика от пълната слепота, повечето от лицата с тежки зрителни увреждания имат остатъчно полезно зрение.

„За повечето хора технологията прави нещата по-лесни. За хората с увреждания обаче, технологията прави нещата ВЪЗМОЖНИ” Mary Radabaugh, 1988 г.

КНИГОПИС

1. Who.int/blindness. [Www.who.int/blindness/causes/priority/en/index4.html](http://www.who.int/blindness/causes/priority/en/index4.html).
2. www.atlas.iapb.org.
3. Chakravarthy U, Biundo E, Saka RO et al. The Economic Impact of Blindness in Europe. *Ophthalmic Epidemiol*, 2017;24(4):239-47.
4. Pezzullo L, Streatfeild J, Simkiss P, Shickle D. The economic impact of sight loss and blindness in the UK adult population. *BMC Health Serv Res*, 2018;18(1):63.
5. Chakrabarti M, Chakrabarti A. IOL Selection for patients with age-related macular degeneration. *Semantic Scholar*, 2015.
6. Hudson HL, Lane SS, Heier JS et al. Implantable Miniature Telescope for the Treatment of Visual Acuity Loss Resulting from End-Stage Age-Related Macular Degeneration: 1-Year Results. *Ophthalmol*, 2006;113(11):1987-2001.
7. Waisbren EC, Brown MM. Implantable telescope for end-stage age-related macular degeneration: Long-term visual acuity and safety outcomes – Commentary, *Evidence-Based Ophthalmol*, 2009, 10, 135-7.
8. Novis C, Lipshitz I. Magnification for age-related macular degeneration patients having cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 38, 1706.
9. Agarwal A, Lipshitz I, Jacob S et al. Mirror telescopic intraocular lens for age-related macular degeneration. Design and preliminary clinical results of the Lipshitz macular implant. *J Cataract Refract Surg*, 2008;34(1):87-94.
10. Scharioth GB. New add-on intraocular lens for patients with age-related macular degeneration. *J Cataract Refract Surg*, 2015;41(8):1559-63.
11. Nekolova J, Rozsival P, Sin M et al. Scharioth Macula Lens: A new intraocular implant for low-vision patients with stabilized maculopathy- first experience. *Biomed Pap.*, 2017 Jun 14;161(2):206-9.
12. [Www.iolamd.com](http://www.iolamd.com). Eyemax mono IOL.
13. Lavinsky J, Tomasetto G SE 2001. Use of a contact lens telescopic system in low vision patients. *Int J Rehabil Res*, 2001 Dec;24(4):337-40.
14. Gerstman DR, Levene JR. Galilean telescopic system for the partially sighted New application of the Fresnel lens. *Brit J Ophthal*, 58:76.
15. Ong J, da Cruz L. The bionic eye. *Clinic Experim Ophthalmol*, 2012, 40(1), 6-17.
16. Керекков Н. Трансплантация на бионично око. *Български офталмологичен преглед*, 2012, 40.
17. Stronks HC, Dagnelie G. The functional performance of the Argus II retinal prosthesis. *Expert Rev Med Devices*, 2014, 11, 23-30.
18. Luo YHL, da Cruz L. The Argus® II Retinal Prosthesis System. Vol. 50, *Progress in Retinal and Eye Research*, 2016, 89-107.
19. da Cruz L, Dorn JD, Humayun MS, Dagnelie G, Handa J, Barale PO, et al. Five-Year Safety and Performance Results from the Argus II Retinal Prosthesis System Clinical Trial. *Ophthalmol*, 2016 Oct;123(10):2248-54.
20. Holan V, Trosan P, Cejka C et al. A Comparative Study of the Therapeutic Potential of Mesenchymal Stem Cells and Limbal Epithelial Stem Cells for Ocular Surface Reconstruction. *Stem Cells Transl Med*, 2015 Sep;4(9):1052-63.
21. Cislo-Pakuluk A, Marycz K. A Promising Tool in Retina Regeneration: Current Perspectives and Challenges When Using Mesenchymal Progenitor Stem Cells in Veterinary and Human Ophthalmological Applications. *Stem Cell Reviews and Reports*, 2017, 13, 598-602.
22. OrCam. <https://www.orcam.com/en/>.
23. VISION I. <https://ici.vision/>.