

Човешкото око – прозорец към света

Николай Лазаров

Органът на зрението – окото, е най-комплексният орган, който притежаваме. То е изградено от повече от 2 милиона съставни части, които работят единно за обща кауза: визуализиране на околния свят. За тази цел то може

да функционира без почивка на 100% във всеки момент от денонощието. На практика окото е периферната част на зрителния анализатор, включващ още система от възходящи пътища, по които възприетата зрителна информация мигновено се предава до мозъчната кора със скорост 36 килобита в час. Забележителен факт е, че близо половината от нашия мозък участва в зрителния процес, а от груга страна само една шеста от самото око е в директен контакт с външната среда.

Окото е сложен комплекс, изграден от централен орган – очна ябълка и спома-

възприемането на света около нас е омайвало, окуражавало и вдъхновявало човечеството през вековете. Близо 85% от общото ни познание за външния свят идва чрез зрението. То е най-важното, най-комплексно и най-добре развито човешко сетиво. Чрез него, стъпка по стъпка, пред нас се е разкривала мистерията на живота. Но запитвали ли сте се някога как е устроен зрителният орган, как в действителност работи човешкото око и по какъв начин се пораждаат образите, които виждаме?

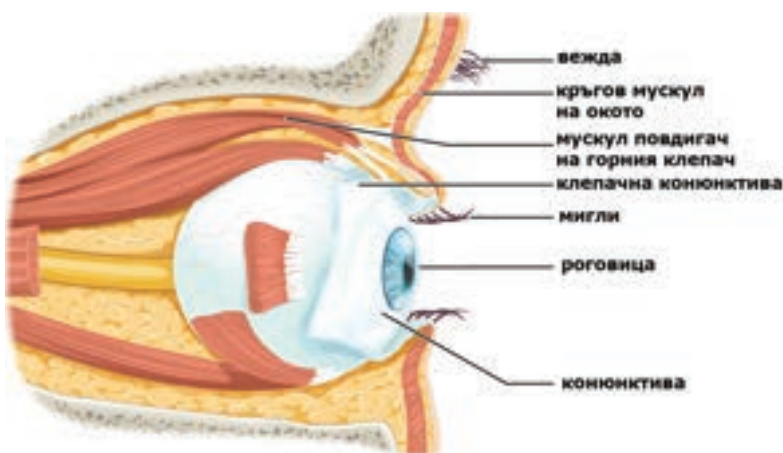
гателни структури (очни мускули, вежди, клепачи и конюнктива, слъзен апарат), които я гвижат, изхранват и защитават. Очната ябълка се разполага в чифтна костна кухня на лицевия череп, наречена очница (лат. *orbita*),

където е обвита от голямо количество мастна тъкан за защита. При човек тя е приблизително сферична структура с диаметър 23 – 24 mm, тегло около 7.5 g и обем 6.5 cm³. Човешкото око достига окончателната си големина между 3- и 13-годишна възраст, която не се променя до смъртта. С груги гуги го е казал поетът (Дамян Дамянов) – „У човека само две неща не остаряват – очите и мечтите“. Очната ябълка се състои от три обвивки – външна съединителнотъканна, средна съдова и вътрешна (ретина), разположени концентрично около вътрешно ядро от светопрекупващи

среди – леща, стъкловидно тяло и очни камери, изпълнени с воднист сок.

Най-външната обвивка на очната ябълка е плътна и изпълнява опорна функция. Предната ѝ част е прозрачна, еластична и се означава като роговица (лат. *cornea*). Тя заема една пета от повърхностната площ на окото, при-

тежава елипсоидна, подобна на изпъкнало часовниково стъкло форма, гуаметър 11 – 12 mm и дебелина в периферията около 1 mm. Централната ѝ част, т.нар. роговична шапка, е двойно по-тънка и служи за прозорец на светлината. Нейните оптични свойства осигуряват приблизително две трети (44 диоптъра) от общата рефрактивна сила на окото. Задната част на външната обвивка, наречена склера (гр. *scleros*, твърд), е значително по-плътна и има дебелина от около 0.3 mm до 1.0 mm. Тя обхваща четири пети от общата площ на окото и придава неговата форма. Към нея се прикрепват мускулите, които движат очите. Отзад тя е перфорирана за влакната на зрителния нерв и кръвоносните съдове, а отпред обхваща плътно рого-



Очна ябълка в очница и допълнителни структури на окото
(Източник: <https://www.oercommons.org>)

вицата. Склерата е непрозрачна, белезникава на цвят и се описва като „бялото на окото“. Промяната в нейния цвят често е признак на метаболитно разстройство на организма, тъй като тя е сравнително неактивна метаболитно и има само ограничено кръвоснабдяване. Склерата се състои от плътни колагенови влакна, които са подгредени в неправилни и преплетени връзки и определят силата и гъвкавостта на очната ябълка. Тя играе основно защитна роля, предпазвайки очното съдържимо от увреда.

Средната обвивка на очната ябълка е съдова и има три отдела – заден, съдовица (лат. *choroidea*), среден, ивичесто (или ресничесто) тяло и преден, дъговица (лат. *iris*). Хороида се разпростира върху две трети от съдовата обвивка. Тя представлява тънка, кафеникава мембрана, която, обвивайки пухтиестото централно съдържимо на окото, се оприличава на ципата на черно гроздено зърно, поради което е известна още като увей (лат. *uva*, грозде). Цветът и името ѝ се дължат на обилието на кръвоносни съдове, които допринасят за ключовата ѝ роля за поддържане на вътреочната температура и трофика на външната метаболитно активна

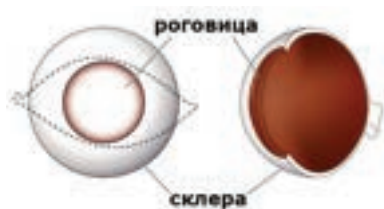
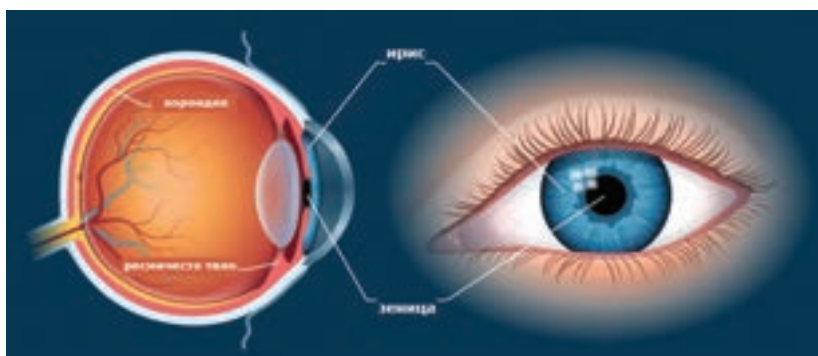


Схема на роговица и склера
(Източник: <https://www.shutterstock.com>)



*Структура на увеята – ирис, ресничесто тяло и хороида
(Източник: <https://www.allaboutvision.com>)*

част на ретината. Ресничестото тяло е съставено от околоръстен пръстен от съединителнотъканни влакна, продължението му напред – ресничест венец от 70 – 80 пръстовидни израстъка с гъста капилярна мрежа в тях и ресничест мускул от гладкомускулни влакна. Ресничестото тяло произвежда воднистия сок и служи за нагаждане на окото за близко гледане, т.нар. акомодация. Ирисът е предно продължение на ресничестото тяло. Той представлява гъбовидно извит цветен гуск, отделящ предната от задната очни камери, с централен отвор, чрез който те комуникират помежду си. Ирисът, наречен на името на гръцката богиня на гъгата Ирида (гр. *Ἴρις*, небесна гъга), е отговорен за цвета на очите, тъй като задната му повърхност е пигментирана, а във вътрешността му се съдържа вариращ по дебелина слой, изграден от пигментни клетки, меланоцити. Броят на тези клетки и количеството меланин, натрупан в тях определят окраската на очите – тъмните (кафяви и черни) очи имат повече меланоцити, докато при светлите (сини, сиви или зелени) очи те са оскъдни.

По същата причина – липсата на пигментни клетки, бебетата се раждат със светли очи. Интересен факт е, че пръстовите отпечатащи имат 40 уникални характеристики, а ирисът – 256. Именно поради тази причина сканиране-

то на окото става все по-популярно като бърза технология за биометрична идентификация на личността. Зеницата (лат. *pupilla*) е отвор, очертан от централния ръб на ириса. Тя играе ролята на диафрагма, която контролира количеството светлина, навлизаща в окото. Нейната активност е под контрола на вегетативната нервна система – на тъмно мускулът, разширяващ зеницата се съкращава и тя е широка, позволявайки повече светлина да навлезе в окото, докато на светло зеницата е свита. Еднаквата парасимпатикова инервация на мускула, свиства зеницата и на ресничестия мускул обяснява защо нагаждането на окото за ясно близко гледане се съпровожда от стесняване на зеницата. При насочване на силна светлина към окото,

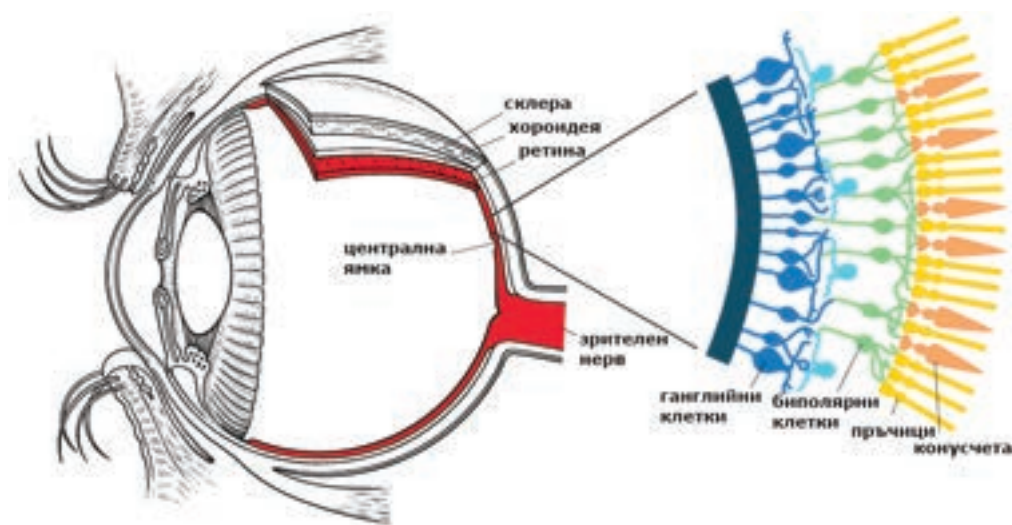


*Основни цветове на човешкото око
(Източник: <https://www.coolbusinessideas.com>)*

зеницата се свива, за да предпази ретината от попадане на прекалено много светлина върху нея. Този феномен се нарича зеничен светлинен рефлекс и неговото отсъствие се използва от лекарите за установяване на мозъчна смърт.

Вътрешната обвивка на окото е представена от ретината. Ретината е мембрана със сетивна функция, която покрива задната част на очната ябълка. Тя е тънка структура с варираща от 0.04 до 0.4 mm дебелина. Ретината има два дяла – преден, постилащ ресничестото тяло и ириса, който е оптически неактивен, „спял“ дял, и заден, който съдържа светочувствителни клетки и неврони от пътя на зрението, и е оптически активен. Този дял е изграден от два слоя – пигментен и мозъчен (нервен) слой. Пигментният слой се състои от клетки, съдържащи кафяв пигмент – фусцин. Нервният слой се разполага от вътрешната страна на пигментния и е прозрачен. Той съдържа три типа клетки – фоторецепторни, биполарни

и ганглийни, които са свързани помежду си в синаптична верига и представляват първите три неврони на зрителния път. В зависимост от формата на своите периферни израстъци, фоторецепторните клетки са два вида: пръчици и конусчета. Пръчиците са многобройни, наброяват 120 милиона и съдържат зрителния пигмент родопсин. Те са отговорни за възприемането на контраста светло-тъмно и сивите тонове, активират се при намалена осветеност и представляват рецептори за черно-бяло възприемане и нощно виждане. По тази причина неслучайно се казва: „На тъмно всички котки изглеждат сиви на цвят“. Конусчетата са около 7 милиона и са разположени в централната част на ретината. Те съдържат фотопигмента йодопсин и представляват рецептори за цветното зрение. Съществуват три типа конусчета, съдържащи различни цветни пигменти, възприемащи при достатъчна светлина трите основни цвята на видимия спектър – син,



Схематична илюстрация на ретината
(Източник: <https://openi.nlm.nih.gov>)



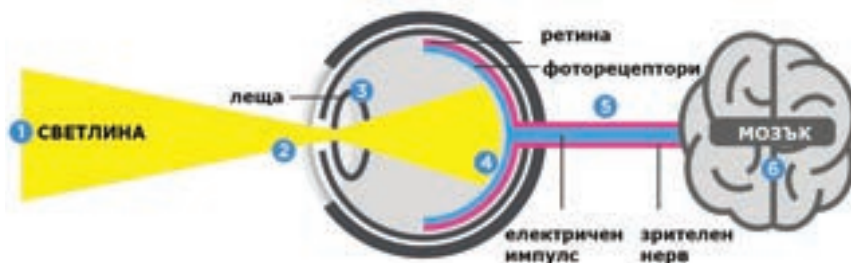
Николай Лазаров е доктор на медицинските науки, професор по анатомия и клетъчна биология в Медицински университет – София и Института по невробиология – БАН. Научните му интереси са в областта на невроанатомията и неврохимията на мозъка, и периферната хеморецепция. Той е председател на Изпълнителния съвет на фонд „Научни изследвания“ към Министерството на образованието и науката и заместник-председател на Хумболтовия съюз в България (2011 – 2015).

зелен и червен. Малък брой (около 1-2% от всички) ретинални ганглийни клетки също са фотосензитивни. Ролята на фоторецепторните клетки е да приемат светлинните сигнали и да ги трансформират в нервен импулс (т.нар. фототрансдукция), който се предава по синаптичен път към биполарните неврони.

Те от своя страна го препредават на ганглийните клетки, чиито централни (аксонални) израстъци образуват зрителния нерв. Чрез него информацията от двете очи се предава за преработка до зрителната кора в тилния дял на главния мозък.

Вътрешното ядро на окото включва двете очни камери, изпълнени с воднист сок. Течността в него поддържа конвексната форма на роговицата, изхранва нея и лещата, снабдява ги с кислород и помага в борбата с очните патогени. Очната леща е двойноизпъкнала еластична кристаловидна структура, която фокусира светлинния сноп върху ретината. Тя допринася с една трета (около 15 – 18 диоптъра) за общата пречупвателна сила на окото. Стъкловидното тяло заема четири пети от вътрешността на очната ябълка. Представлява прозрачна, безцветна желатиозна маса, която служи за светопречупваща среда и придържа ретината на място, прилепнало до средната очна обвивка.

Окото работи подобно на фотоапарат със своя собствена оптична система с максимална пречупвателна способност около 72 диоптъра. Светлината навлиза през роговицата и се насочва към зеницата, преминава през кристаловидната леща и прозрачната течност на стъкловидното тяло, пречупва



Формиране на зрителен образ в мозъка
(Източник: <https://www.essilor.co.uk>)

се през тях и се фокусира като истински, но обърнат и умален образ върху ретината. В нея светлинната енергия се преобразува в пръчиците и конусчетата в електрически сигнал (нервен импулс), който се пренася чрез зрителния нерв до мозъка за интерпретация. На практика процесът на виждане не се осъществява в



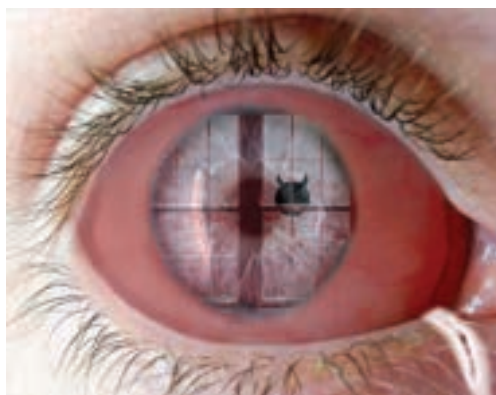
*Офталмоскопично изследване на очното дъно
(Източник: <https://www.vrmagic.com>)*

окото, мозъкът е мястото, където се оформя картината. Тук видяното от двете очи се наслаждава, образът се обработва и обръща отново на 180 градуса като се формира триизмерно изображение. Забележително е, че зрителната кора заема само около 3% от мозъчната кора, но тук се намират 10% от коровите неврони. Това е още един аргумент в полза на тезата, че човек е зрящо същество. И наистина, силата на човешкото око е невероятна. Ако окото беше цифров фотоапарат, то щеше да е с разделителна способност, еквивалентна на 576 мегапиксела, докато съвременните любителски фотоапарати от по-висок клас разчитат на 16-мегапикселова резолюция.

Синхронните движения на очите в пространството се извършват от шест външни очни мускула, които са едни от най-силните мускули в човешкото тяло – те са сто пъти по-мощни от необходимото за работата, която вършат. Редица изследвания показват, че движенията на очите са тясно свързани с когнитивни процеси като внимание, памет и вземане на решения. Очните движения не просто отразяват опре-

делени аспекти на мозъчната функция, но също така ги повлияват и активно участват в тях. Те са индикатор и за настъпващи възрастови изменения и невродегенеративни нарушения на мозъка.

Специалистите метафорично казват, че окото е част от мозъка, изнесе на навън. И ако това е така, то тогава окото е единствената част от мозъка, която е достъпна за непосредствено наблюдение, и единствената част на тялото, където директно могат да се видят нервна тъкан и кръвоносни съдове. Както през прозореца можем да гледаме света навън, но можем и да надзорнем какво се случва вътре, офталмолозите използват специален апарат, наречен офталмоскоп, с който да надникнат и разгледат вътрешността на окото. С негова помощ при пряко наблюдение на очното дъно се получава полезна анатомична и функционална информация за състоянието на задния сегмент на окото, чрез която успешно могат да се диагностицират нарушенията на ретината и нейните кръвоносни съдове. Очни заболявания като глаукома и възрастова макулна дегенерация, наследствена (генетич-



Сюрреалистично изображение на окото като прозорец към душата
(Източник: <https://www.deviantart.com>)

но-предавана) ретинална дистрофия, системни болести като захарен диабет и артериална хипертония, мозъчни тумори и установяване на възможни причини за хронично главоболие са част от показанията за извършване на това медицинско изследване. От получените чрез офталмоскопия данни би могло да се съди за общото състояние на организма. Ирисовата диагностика (иридология) е друг ефективен метод за определяне на здравословното състояние на човека чрез тълкуване на промените в структурата и оцветяването на ириса. Ето защо с пълно основание на очите се гледа като „огледало на човешкото здраве и болести“.

От друга страна, очите доставят не само богата информация за общото здраве на индивида, но могат да разкажат много и за емоционалното ни състояние. Чрез окото разумът може да ни изпрати много емоционални сигнали. Хората и кучетата са единствените известни видове, които могат да четат по погледа на други индивиди. Защото очите често издават истинските ни чувства, а погледът никога не лъже. Аристотел Онасис винаги носел слънчеви очила по време на селки, така

че да не издава истинските си емоции. Изследванията на американските психолози Дениъл Лиъ (Daniel Lee) от университета в Колорадо в Болдър и Адам Андерсън (Adam Anderson) от университета Корнел, САЩ, публикувани наскоро в списание *Psychological Science*, са показали че чрез изражението на лицето хората могат да общуват емоционално, а чрез окото да предават разнообразна социална информация. И наистина, стесняването на зениците е широко разпознато от психолозите като състояние, свързано със социална дискриминация – омраза, подозрение и агресия. Разширяването на зениците се асоциира с чувствителност, очакване и страх. Неслучайно старата пословица гласи „На страха очите са големи“. Народната мъдрост също твърди, че „гледаме с широко отворени очи любимия човек“. Психолозите приемат разширението на зеницата като ясен знак за проява на социален и/или сексуален интерес. Вероятно затова в миналото проститутките са си слагали канки от беладона в очите, за да разширят зениците си и така да изглеждат по-желани. В крайна сметка, в стремежа да опознае себе си, човечеството постепенно е стигнало до извода, че очите издават основни черти на човешкия характер и представляват огледало на душата.

Окото е уникален орган с фундаментално значение за човека. За неговата изключителна важност е достатъчно да припомним, че когато трябва да се отнасяме с изключително внимание към нещо, използваме поговорката „Пази го като очите си“. Защото окото е едновременно прозорец към околния свят и огледало на вътрешния (физически и душевен) мир на човека. Или както в новия завет на Библията е казано: „Очите са светлината за тялото“ (Матей 6:22). ■

Странно поведение на маларийните комари

Паразитолози – малариолози от Лондонския институт по хигиена и тропически болести забелязали, че в общи помещения маларийните комари предпочитали да смучат кръв от вече заразени с малария хора и срав-



нително по-рядко нападали здравите пациенти. Естествено било учените да допуснат, че болните от малария лица вероятно отделят някакви вещества, които привличат комарите. За да установят дали наистина комарите предпочитат да нападат маларично болни хора бил проведен интересен опит с участието на 20 малариолози и от други университети и страни. Експериментът бил проведен с 2 групи ученици от Кения. Едната група ученици била от болни от малария средношколци, а другата – от техни здрави съученици. Двете групи ползвали няколко дни разгладени им от експериментаторите еднакви чисти носни кърпички, които след няколко дни били предадени обратно на учениците. Събраните кърпички от двете групи поставили в специални контейнери с тръби в общо помещение, в което били пуснати множество маларийни комари. Оказало се, че повечето маларийни комари се насочвали и летели много по-активно около носните кърпички на маларично болните ученици. Експериментът бил повторен след триседмично лечение на учениците от болната група. И отново подобен резултат – макар и около 60% по-малко, но комарите все пак се насочвали и летели около носните кърпички на болните ученици. Експериментът дал основание на учените да направят извод, че маларийните комари усещат по някакъв начин заразените ученици и предпочитат да смучат кръв тях, а не от здравите, и второ, че даже след лечение на маларията в средношколците вероятно остават вещества, които продъл-

жават да привличат комарите да смучат кръв от тях. Резултатите от тези изненадващи изследвания са публикувани в авторитетното американско списание *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS)

Химическите анализи на ползваните в експеримента кърпички позволили да бъдат установени няколко съединения, които привличали маларийните комари. Между тях се оказали хептанови, октанови и нонанови алдехиди, които намират приложение и в парфюмерията. Например хептановите алдехиди имат аромат на карамфили, а нонановите – на рози. Тези резултати довели до извода, че най-вероятно маларийните плазмодии, причиняващи маларията, продуцират посочените съединения или въздействат на заболялия организъм да ги продуцира? Тогава възниква въпросът, този факт има ли отношение към съществуването на маларийните плазмодии и дали разпространението на маларията е случайно явление? Отговорът на този въпрос на все още ранния етап на извършване на проучванията е труден, но получените досега резултати дават основание на учените да считат, че те могат да бъдат използвани в бъдеще за практическа борба с маларията. Чрез по-прецизно изучаване на привличащите вещества от маларично болните хора те биха могли да се използват и за разработка на препарати за привличане и унищожаване на маларийните комари още преди насочването и заразяването им с маларийни плазмодии от болни хора. А това би допринесло и за ограничаване на разпространението на маларията особено в тропическите страни на Африка и Азия, където все още милиони хора ежегодно страдат от тази тежка паразитоза.

По PNAS