

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCVI.

1909

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XVIII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1909

Ottica fisiologica. — Alcuni nuovi fatti sulla visione degli occhi astigmatici e normali e loro interpretazione. Nota di M. LA ROSA, presentata dal Corrispondente D. MACALUSO.

In una Nota precedente, dopo avere osservato che il nostro occhio vede comunemente tutti gli oggetti allungati nel meridiano di massima curvatura della cornea, e che apprezza con maggior nettezza i particolari rettilinei della figura che giacciono in uno dei due meridiani principali, ho mostrato come questi fatti possano spiegarsi mediante l'astigmatismo da cui sempre l'occhio è affetto, ammettendo che esso accomodi sempre per una stessa retta focale; ed ho rilevato come questa spiegazione conduca a concludere che la direzione dell'allungamento massimo dell'immagine deve coincidere con quella della sua massima nettezza.

Questa conseguenza, come già in quella Nota accennai, non è sempre verificata; per tutti mi basta citare due esempi: Il prof. Corbino accomoda il suo occhio destro, affetto da un astigmatismo di 3 D., per la retta focale orizzontale, nella visione sia a piccola che a grande distanza, eppure vede le verticali più lunghe delle orizzontali; lo stesso avevo con meraviglia constatato per i miei occhi, entrambi astigmatici di 3 e di 5 D. rispettivamente.

Queste anomalie, non rare, sono importanti perchè non immediatamente conciliabili con le idee correnti sulla formazione delle immagini, e ci possono perciò condurre a deduzioni su particolari di struttura o di funzionamento dell'occhio che finora ci sono sfuggiti.

Evidentemente esse non possono ascriversi ad irregolarità del sistema diottrico oculare; con qualunque forma e posizione relativa dei diversi sistemi rifrangenti, si ottiene infatti un fascio rifratto astigmatico, che in prima approssimazione coincide sempre col conoide di Sturm, e quindi sempre gli allungamenti massimi delle immagini dovrebbero avvenire nella direzione della migliore visione.

Le anomalie osservate perciò debbono riferirsi a proprietà dell'organo ricevitore, cioè della retina.

Le nostre conoscenze su questa membrana sono ben poche e quasi rudimentali. Essa è di struttura complicatissima, risulta da elementi anatomici di diverse specie, dei quali non si conosce la funzione. Generalmente vi si sogliono distinguere dieci strati; ad un solo dei quali, e veramente al penultimo incontrato dai raggi luminosi, strato dei coni e dei bastoncini, si attribuisce una funzione precisa.

Per spiegare le particolarità della visione avanti riferite si può fare questa prima ipotesi sulla struttura della retina: si può pensare, che la

sezione normale dei coni e dei bastoncini, nell'occhio astigmatico, abituato ad accomodare sempre per una stessa retta focale, si sia gradatamente allungata nel senso di questa, e schiacciata nel senso normale. Questa deformazione potrebbe migliorare molto le condizioni della visione dell'occhio astigmatico, anzi se la sezione degli elementi percettori potesse completamente copiare la forma dell'intersezione del fascio rifratto colla retina, le condizioni di visione di un occhio astigmatico si ridurrebbero uguali, o quasi, a quelle dell'occhio normale.

Però se si può ammettere un certo adattamento, non si può concedere che esso sia completo; vi saranno certamente dei limiti per questa ipotetica deformazione, imposti specialmente dalla piccolezza delle dimensioni degli elementi percettori della retina, per cui l'adattamento sarà incompleto, specialmente se il grado di astigmatismo è notevole.

Ora, poichè si può ritenere, che gli elementi percettori sono sempre quasi a contatto, come conseguenza della deformazione, sarà il numero di quelli che si trovano sopra un dato segmento, tracciato orizzontalmente sulla retina, minore di quello degli elementi che stanno sopra un segmento verticale della stessa lunghezza. Si può in tal modo spiegare come venga apprezzata più grande la dimensione di un oggetto la quale sia normale alla direzione della migliore visione.

Ragioniamo sopra un esempio concreto che ci permette di esprimere in modo più chiaro, per quanto grossolano, il nostro pensiero: supponiamo che un occhio astigmatico (meridiano di curvatura massima verticale) guardi una croce a braccia uguali, e giacenti rispettivamente nei piani principali dell'occhio. Questo accomodi per la retta focale orizzontale, la quale abbia p. es. la lunghezza di 6μ ; mentre le lunghezze dei diametri della sezione degli elementi sensibili secondo i meridiani principali siano 3 e 2μ rispettivamente. Supponiamo ancora che la lunghezza dei due segmenti immagini delle braccia della croce (prescindendo dall'astigmatismo) sia uguale a 600μ .

Per l'astigmatismo l'immagine del segmento orizzontale diventerà uguale a 606μ , mentre l'altra immagine resterà uguale a 600μ . Il numero di elementi sensibili eccitati sarà per la prima $606:3$, e per l'altra $600:2$. Dunque il segmento verticale della croce potrà apparire notevolmente più lungo dell'altro (se la lunghezza apparente è proporzionale al numero degli elementi eccitati), sebbene in realtà la sua immagine sia più corta di quella dell'altro. Si spiega ancora bene la differenza fra la nettezza delle due immagini, giacchè mentre la seconda (orizzontale) eccita elementi che stanno sopra una sola fila, l'altra può eccitare elementi di due o di tre file contigue.

Questa stessa ipotesi si presta a chiarire ancora le incertezze messe in rilievo nella Nota precedente. Dicemmo allora che i mutamenti apparenti delle dimensioni e della distanza di un oggetto, apprezzati scambiando le posizioni dei meridiani principali dell'occhio sono spesso assai esagerati,

perchè si possano esclusivamente attribuire alle deformazioni; l'esempio precedente mostra facilmente come l'effetto osservato possa diventare molto più esagerato delle deformazioni astigmatiche.

Essa ci spiega perchè la correzione dell'astigmatismo, se forte, non altera sensibilmente i mutamenti apparenti delle dimensioni, giacchè questi dipenderebbero dalla deformazione degli elementi sensibili, non da quella delle immagini.

Essa ci spiega anche un altro fatto precedentemente riferito: ogni occhio vede più netti i particolari paralleli ad una data retta focale, e non riesce a vedere egualmente netti i particolari rettilinei ad essa normali, anche quando per ciò basterebbe una piccola variazione dell'accomodazione; si comprende infatti, nella nostra ipotesi, che la forma assunta dagli elementi sensibili costringe l'occhio ad accomodare sempre per la stessa retta focale; giacchè l'accomodazione per l'altra, lungi dal migliorare, guasterebbe molto l'immagine della figura osservata.

Una seconda interpretazione delle anomalie in parola si può dare partendo da un'altra ipotesi; cioè, ammettendo che la sensazione visiva abbia sede in uno strato di spessore notevole, e non soltanto alla superficie dei coni e dei bastoncini, o in un piccolissimo tratto della loro lunghezza (1).

Quest'ultima opinione da tutti ammessa, almeno implicitamente, non sembra per altro abbastanza fondata; la sola prova sperimentale che possa addursi è la determinazione, fatta dal Müller, della distanza tra lo strato sensibile della retina ed i vasi retinici. Egli proiettava l'ombra dei vasi sulla retina per mezzo di un fascio di luce fortemente concentrato sulla sclerotica, e misurava gli spostamenti di quest'ombra (riportati dall'occhio all'esterno sopra una scala graduata), prodotti da noti spostamenti laterali impressi alla sorgente.

Ma evidentemente questa esperienza, se può servire a mostrare che lo strato in cui avveniva l'apprezzamento dell'ombra è distante dallo strato dei vasi da 0,19 a 0,32 mm., distanza trovata all'incirca uguale a quella fra questo strato e quello strato dei coni, non basta come osserva lo Charpentier (2), per provare che nella visione ordinaria, in quest'ultimo strato ed in esso solo avviene la percezione. L'accordo fra i risultati delle due misure va accettato, infatti, con cautela; sia per la difficoltà di far l'una di esse, l'indiretta, e sia perchè l'altra misura, la diretta, si può fare solo sopra un preparato anatomico, che può benissimo aver subito variazioni di dimensioni.

(1) Nello studio del funzionamento dell'occhio non si è fin qui tenuto conto dell'influenza che può esercitare nella visione lo spessore dello strato sensibile; sebbene in qualche trattato di fisiologia si assegni a questo strato lo spessore non trascurabile di 0,006 mm. Cfr. p. es. Nagel, *Handbuch des Physiol. des Menschen*, vol. III, parte I, pag. 49.

(2) Cfr. D'Arsonval, *Traité de Phys. Biologique*, pag. 942.

E si può inoltre pensare che l'apprezzamento di questa immagine diffusa e incerta, prodotta con la piccola quantità di luce rossastra che filtrava attraverso il globo oculare illuminato dall'esterno, avesse sede solo in alcuni degli elementi anatomici impegnati nella visione ordinaria.

Non è nemmeno decisivo l'argomento dell'Helmholtz e dello stesso Müller in favore della localizzazione della percezione nello strato dei coni e dei bastoncini, argomento basato sulla considerazione che l'apprezzamento distinto dei singoli punti richiede organi percettori suddivisi, cioè una struttura a mosaico con elementi isolati, giacchè una tale struttura non è esclusiva dello strato suddetto.

In sostanza le conoscenze anatomico-fisiologiche sulla retina sono troppo scarse per potere con buon fondamento escludere che altri elementi, oltre ai coni ed ai bastoncini, possano prendere parte alla visione. Il campo rimane adunque aperto ad altre ipotesi, ed il Fick nel 1879 (circa un ventennio dopo dei lavori del Müller e dell'Helmholtz) credeva ancora che alle cellule pigmentarie fosse piuttosto da attribuire il primo posto nella visione, e più recentemente König ha ritenuto queste cellule come gli elementi della percezione, almeno di alcuni colori.

Ad ogni modo, anche ammettendo che la parte sensibile sia limitata nello strato dei coni e dei bastoncini, si può sempre attribuire ad essa uno spessore non piccolo, giacchè i coni nella fovea dell'uomo raggiungono la notevole lunghezza di 0,1 mm. (1).

Tenendo conto di questo spessore si possono spiegare le anomalie in discussione, almeno per gli occhi non fortemente astigmatici.

Infatti in quest'ipotesi, l'occhio viene impressionato da un tronco del conoide di Sturm, e può avvenire che particolari rettilinei della figura aventi orientazione diversa, sieno percepiti in piani paralleli diversi dello strato sensibile.

Per fissare meglio le idee, torniamo a riferirci ad un occhio affetto da astigmatismo (col meridiano di curvatura massima verticale) il quale guardi la solita croce. Si può allora pensare che l'immagine delle braccia orizzontali venga nettamente disegnata sulla faccia più interna dello strato sensibile (faccia d'entrata dei raggi) mercè sezioni ellittiche prossime alla retta focale orizzontale, che è la più corta e la più vicina al cristallino; a misura che il fascio penetra all'interno dello strato sensibile, l'eccitazione avviene secondo ellissi meno schiacciate, le quali per la maggior parte della loro estensione investono sempre gli stessi elementi colpiti all'entrata del fascio, ed in parte eccitano elementi vicini. In totale l'eccitazione degli elementi a tutta prima investiti, sarà molto più grande di quella che può

(1) D'Arsonval, op. cit., pag. 1132 (nota).

essere comunicata in seguito agli elementi vicini, si vedrà quindi una linea ben marcata con delle debolissime sfumature, forse inapprezzabili (¹).

Il contrario avverrebbe per le braccia verticali della croce. Di esse si può formare una immagine netta sulla faccia più esterna dello strato, cioè quella di uscita del fascio, se la distanza fra le due rette focali è presso a poco uguale allo spessore dello strato sensibile (ciò può avvenire se l'astigmatismo è molto debole); essa risulterà però più lunga dell'immagine delle braccia orizzontali, giacchè la seconda retta focale è più lunga della prima. Se la distanza interfocale è maggiore dello spessore dello strato sensibile, su entrambe le faccie di questo le immagini si disegneranno per ellissi meno schiacciate che nel caso precedente, entrambe saranno perciò meno nette, ma può sempre avvenire che quella delle braccia orizzontali sia meno diffusa e più corta dell'altra; giacchè nel fascio di Sturm, sezioni ellittiche, poste simmetricamente rispetto alla circolare, hanno dimensioni diverse, minori la più vicina alla superficie rifrangente.

Con un esame analogo si riconosce che rette diversamente inclinate rispetto ai meridiani principali hanno immagini meno diffuse in piani diversi dello strato sensibile; così le rette inclinate di 45° sui piani principali hanno le migliori immagini in corrispondenza della sezione circolare del fascio di Sturm; ecc.

Ma se l'astigmatismo è forte la distanza interfocale diventa troppo grande rispetto allo spessore della retina, e le differenze di dimensioni delle sezioni ellittiche che cadono nello strato sensibile appaiono insufficienti per spiegare i notevoli allungamenti degli oggetti osservati.

Per questi casi la spiegazione più probabile sembra quindi la prima. Non si deve però concludere che la seconda sia da rigettare del tutto; tanto più che una sua immediata conseguenza è confermata completamente dall'osservazione diretta.

Ammetto che la sensazione luminosa avvenga in uno strato di spessore apprezzabile, si può ritenere che la parte più profonda di questo, cioè la prima ad essere incontrata dai raggi luminosi, dev'essere preferita nella visione. Infatti nello strato sensibile devono certamente avvenire delle trasformazioni dell'energia raggiante luminosa che determinano quelle modificazioni sconosciute dalle quali dipende la sensazione; tale strato deve essere perciò dotato di assorbimento per le radiazioni a cui è sensibile, e l'energia trasportata da esse diventa perciò sempre più piccola quanto più profondamente esse penetrano. Lo stimolo più energico, a parità delle condizioni rimanenti, deve perciò aver luogo sulla faccia dello strato per cui penetra la luce.

(¹) In queste considerazioni ammettiamo sempre, come è naturale, che ogni elemento non trasmette distinte ai centri nervosi le eccitazioni ricevute nei diversi piani, ma una unica impressione.

Fissando dunque un punto l'occhio cerca di portare la sua immagine (o una certa retta focale del fascio rifratto) sulla faccia d'entrata dello strato sensibile, ma se questo ha uno spessore apprezzabile, l'occhio potrà ancora vedere bene altri punti della stessa visuale vicini al primo, e situati tra esso e l'occhio, perchè le loro immagini si formano nette in piani più profondi dello strato sensibile; al contrario, i punti più lontani di quello fissato non potranno dare in questo strato immagini nette, ma solo cerchi di diffusione più o meno grandi.

In altri termini, se lo strato sensibile della retina ha un certo spessore, si può prevedere l'esistenza di una dissimmetria nella profondità di fuoco dell'occhio, essa deve essere più grande per i punti che stanno al di qua del punto fissato, più piccola per gli altri.

L'esperienza conferma questa deduzione: Se si fissa infatti una lettera di uno stampato, guardato in direzione molto inclinata (è bene far la prova con un solo occhio), si riconosce che la lettera sottostante a quella è abbastanza visibile mentre la soprastante si distingue molto male. Anzi per la buona riuscita dell'osservazione è necessario un certo esercizio (caratteristica già segnalata dall'Helmholtz in questa specie di fenomeni soggettivi) giacchè l'ultima lettera è così mal distinta, che l'occhio cerca istintivamente di accomodare per essa quando vi si rivolge l'attenzione.

La stessa osservazione può farsi con tre lettere uguali tolte da uno stampato, ed attaccate agli estremi di tre aghi, conficcati in un sughero in modo che il piano di ciascuna sia normale alla visuale, e che si trovino a distanze dall'occhio che differiscano di 6 a 8 mm. Così pure guardando un grande stampato ad alcuni metri di distanza attraverso ad una sottile rete metallica, posta ad un metro circa dall'occhio, si possono vedere discretamente i fili quando si accomoda per lo stampato, mentre questo si vedrà assai confuso se si fissano quelli.

È bene avvertire che una piccola dissimmetria nella profondità di fuoco si può anche prevedere se l'immagine si formasse in un piano, come in una camera fotografica; risulta dal calcolo che i cerchi di diffusione prodotti da punti simmetrici rispetto al punto bene a fuoco, e poco distanti da esso, hanno raggi leggermente diversi, ed è più piccolo il raggio del cerchio prodotto dal punto più lontano; dunque in questo caso la dissimmetria dovrebbe essere inversa di quella sopra constatata.

Possiamo quindi ritenere anche la seconda ipotesi, la quale può utilmente servire, oltre che a spiegare i fatti avanti riferiti, a chiarire meglio alcune proprietà importantissime dell'occhio⁽¹⁾: specialmente la sua grande profondità di fuoco e la visione acromatica, sebbene esso stesso sia uno strumento cromatico.

(¹) Potrebbe anche servire a spiegare il senso delle profondità nella visione monoculare.

Del resto le due ipotesi possono bene coesistere; esse sono entrambe ammissibili, perchè ciascuna non è contraddetta dai fatti finora noti; ognuna porta a conseguenze verificate dalle osservazioni dirette, ed insieme spiegano i fatti nuovi che hanno formato oggetto delle nostre osservazioni.

Fisica. — *Sulle radiazioni penetranti.* Nota di D. PACINI, presentata dal Socio P. BLASERNA.

La questione della origine delle radiazioni penetranti capaci di ionizzare un gas racchiuso in un recipiente metallico, e provenienti da cause esterne, è attualmente assai discussa; e dato lo stato della questione medesima, è interessante la estensione di ricerche in proposito in luoghi diversi, intese a studiare la intensità di queste radiazioni, e la sua variazione col tempo, e ad indagare se esista un eventuale legame tra questo fenomeno e gli altri noti della fisica dell'atmosfera.

Una lastra di zinco ⁽¹⁾ privata dello strato superficiale, accuratamente pulita e resa tersa, servì a costruire il recipiente cilindrico destinato alle esperienze che io feci all'aria aperta della campagna. Questo recipiente aveva mm. 1,3 di spessore, cm. 59.5 di altezza, e cm. 12 di raggio. L'elettrodo interno era costituito da un cilindro di rame che, per mezzo di un isolante, comunicava all'esterno con un piccolo elettroscopio di alluminio. Un dispositivo semplice permetteva di stabilire fra il cilindro di rame e quello di zinco una differenza di potenziale variabile fra i 300 ed i 450 Volta, assumendo la fogliolina dell'elettroscopio una deviazione conveniente; talchè in questo intervallo poteva ottenersi la corrente di saturazione. L'elettrometro era munito di un microscopio che permetteva di apprezzare la caduta del potenziale fino a un terzo di Volta nell'intervallo delle misure. La capacità del sistema, determinata col condensatore di Harms, era di circa 19 centimetri. Il cilindro di zinco aveva due rubinetti per il cambiamento dell'aria nell'interno. Qualche giorno prima di incominciare le misure ⁽²⁾ l'aria fu introdotta nel recipiente attraverso un filtro di cotone. L'elettrometro era protetto con una scatola di ferro annerita, recante nella parte anteriore una finestra chiusa con vetro. L'apparecchio, protetto superiormente da una tela impermeabile, fu montato sulla collina isolata ove sorge l'Osservatorio meteorologico di Sestola, a circa m. 1090 sull'Appennino modenese. Le misure

⁽¹⁾ Informandomi ai risultati delle ultime ricerche, ed in particolare a quelli ottenuti dal Mc. Lennan (Phil. Mag. dicembre 1907) sulla conduttività dell'aria racchiusa in recipienti metallici, adoperai lo zinco che è più facile ottenere meno impuro per sostanze radioattive.

⁽²⁾ Wood e Campbell in Phil. Mag. 1907, 265, trovano che per un gas racchiuso in un recipiente di zinco, l'incremento della ionizzazione col tempo è quasi trascurabile.