

SCIENZA & NATURA

Dark Sky Pupil Evolution

Cosa rivela il buio che non vediamo più

dark-sky-pupil-evolution · 2026 · status: draft

La pupilla umana in piena oscurità si dilata fino a circa 8 millimetri di diametro. È il massimo fisico che il muscolo dilatatore consente, una soglia che dipende dall'età, diminuisce progressivamente dopo i trent'anni e nei soggetti anziani non supera i 5-6 mm. Questa misurazione è stata documentata con precisione da Winn e colleghi su un campione di 91 soggetti sani distribuiti tra 17 e 83 anni (Winn et al., 1994).

Otto millimetri sono, a tutti gli effetti, il limite dell'apertura ottica umana. Ma per capire cosa significhi davvero questo limite, bisogna chiedersi: a quale cielo notturno è stato calibrato dall'evoluzione?

Il sistema scotopico e le sue origini

La visione notturna umana è mediata dai bastoncelli, circa 120 milioni di fotorecettori distribuiti prevalentemente nella retina periferica. I bastoncelli sono sensibili a livelli di luce estremamente bassi: possono rispondere all'assorbimento di un singolo fotone, anche se la soglia percettiva richiede l'attivazione simultanea di più cellule. Sotto una volta celeste naturale, priva di qualsiasi fonte artificiale, l'illuminamento al suolo prodotto dalla Via Lattea si aggira tra 0,0001 e 0,001 lux. Il sistema visivo umano è stato selezionato evolutivamente per operare in queste condizioni.

Questo non è un dettaglio trascurabile. Significa che la fisiologia della retina, la dimensione massima della pupilla, la distribuzione dei bastoncelli e la loro densità sono il risultato di milioni di anni di pressione selettiva esercitata da un cielo che oggi la maggior parte degli esseri umani non ha mai visto.

L'atlante dell'inquinamento luminoso

Nel 2016, Falchi e colleghi hanno pubblicato su *Science Advances* il secondo atlante mondiale della brillantezza artificiale del cielo notturno. Basato su misurazioni satellitari VIIRS/DNB integrate con modelli di propagazione della luce, lo studio ha rilevato che circa il 99% della popolazione europea e nordamericana vive sotto cieli classificati come inquinati dalla luce. Più del 60% dell'umanità non riesce a vedere la Via Lattea dalla

propria posizione abituale (Falchi et al., 2016).

La soglia per la visibilità della Via Lattea corrisponde a un valore di brillantezza artificiale inferiore a circa l'1% della luce naturale del cielo. Al di sopra di questa soglia, il contrasto necessario per distinguere le strutture della galassia viene soppresso. Il problema non è la risoluzione dell'occhio: è che la pupilla non può aprirsi oltre ciò che la fisiologia consente, e in un cielo artificialmente illuminato anche una dilatazione massima non è sufficiente a recuperare il segnale perduto.

Le cellule che misurano l'alba che non c'è

Un ulteriore livello di complessità riguarda non la visione cosciente ma la regolazione del ritmo circadiano. Nel 2002, David Berson e colleghi hanno identificato una classe di cellule gangliari retiniche intrinsecamente fotosensibili (ipRGC) contenenti il fotopigmento melanopsina, massimamente sensibile alla luce blu intorno ai 480 nm (Berson et al., 2002). Queste cellule non contribuiscono alla formazione delle immagini: trasmettono informazioni sull'intensità luminosa ambientale al nucleo soprachiasmatico, il pacemaker circadiano del cervello, e regolano la soppressione della melatonina.

Il punto critico è che queste cellule si sono evolute per rispondere a variazioni di luminosità nell'ordine di grandezza del cielo naturale, con un gradiente di alba e tramonto su cui l'organismo ha imparato ad ancorare il suo orologio interno. L'illuminazione artificiale notturna, anche a intensità moderate, attiva le ipRGC fuori dal ciclo naturale, sopprimendo la produzione di melatonina e alterando la fase del ritmo circadiano. Il cielo che "vede" la retina e quello che vede la coscienza divergono: l'occhio registra notte, ma il sistema neurovegetativo non riceve il segnale evolutivamente atteso.

Ciò che il buio rivela

L'inquinamento luminoso non è semplicemente un problema estetico o astronomico. È una modificazione dell'ambiente sensoriale primario per cui il sistema visivo e neuroendocrino umano si è strutturato nel corso di centinaia di migliaia di anni. La pupilla si dilata ancora fino a 8 mm. I bastoncelli mantengono la loro sensibilità. Le cellule ipRGC attendono il segnale corretto. Ma il segnale è cambiato più rapidamente di quanto l'evoluzione possa registrare.

Ciò che lo spazio rivela, in questo senso, è il profilo negativo di qualcosa che manca. L'occhio umano porta ancora scritto il codice per leggere una Via Lattea. Il cielo sopra la maggior parte delle città non trasmette più quel testo.

FONTI E RIFERIMENTI

1. Winn B, Whitaker D, Elliott DB, Phillips NJ. Factors affecting light-adapted pupil size in normal human subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1994;35(3):1132-7.

<https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2160334>

2. Falchi F, Cinzano P, Duriscoe D, et al. The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances.* 2016;2(6):e1600377.

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1600377>

3. Berson DM, Dunn FA, Takao M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science.* 2002;295(5557):1070-3.

<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1067262>

4. Cinzano P, Falchi F, Elvidge CD. The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Mon Not R Astron Soc.* 2001;328(3):689-707.

<https://academic.oup.com/mnras/article/328/3/689/1751471>