

APPUNTI

I seguenti appunti sono stati presi durante le lezioni del docente indicato in prima pagina o nell'area riservata all'intestazione. Possono essere uno strumento, se letti prima della lezione, per meglio seguire la spiegazione del docente e riuscire quindi a produrre degli appunti personali sicuramente più efficaci per se stessi. Come altrove specificato, non sostituiscono assolutamente i libri consigliati, fonti di maggior approfondimento e quindi di maggior professionalità.

Alcune delle figure e dei grafici citati all'interno del testo sono stati rimossi per problemi di CopyRight, ma sono facilmente rintracciabili sul web.

Sono ben accette correzioni e integrazioni da parte di colleghi e docenti.

A cura di:

Antonio Gualtieri

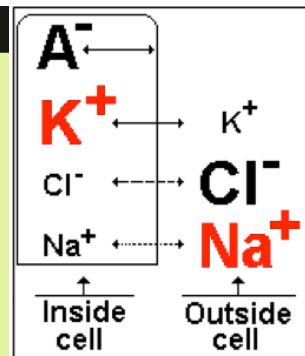
(Giugno 2012)

L'OCCHIO E LO STIMOLO LUMINOSO

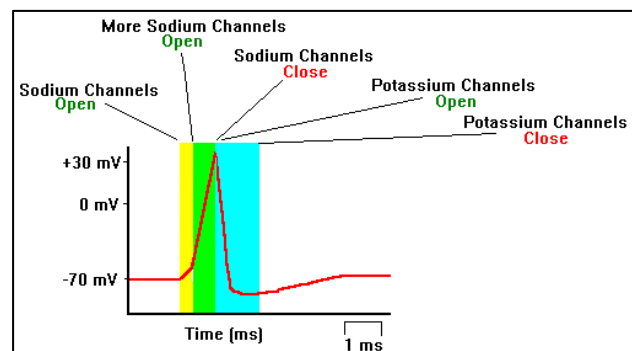
La comparsa della membrana cellulare coincide con la nascita della vita: segrega materiale e permette lo scambio tramite membrane, pompe e proteine mediante stimoli chimici, meccanici (meccanocettori → sensibili alle deformazioni della struttura) e voltaggio-dipendenti.

Potenziale d'azione. Nella cellula si ha sodio e potassio nell'ordine delle millimoli: 10mmol di Na intracellulare e 100mmol extracellulare; il K intracellulare è 100mmol e 10mmol extracellulare. Il Ca è presente in quantità infime: 10^{-7} mmol. Per questo motivo ne basta una quantità minima per causare proliferazione o apoptosi cellulare, in quanto una piccola variazione su piccole quantità costituisce comunque una grande variazione percentuale.

	Concentrazione Extracellulare	Concentrazione Intracellulare
Na ⁺	145 mM	15 mM
K ⁺	4 mM	150 mM
Cl ⁻	110 mM	10 mM
Ca ²⁺	2 mM	10 nM
Mg ²⁺	2 mM	0.5 mM
P _i	2 mM	40 mM
H ⁺	10^{-7} M	10^{-7} M
Proteine	0.2 mM	4 mM



Il potenziale di membrana è un fenomeno attivo, in quanto conseguenza dello spostamento di ioni (e quindi cariche). Il potenziale è nell'ordine di -70mV (valore negativo). Si parla di depolarizzazione se il potenziale diventa più positivo (si avvicina allo 0), di ripolarizzazione se si ritorna al livello di riposo (dentro alla cellula potenziale negativo, esterno positivo, quindi la membrana ha due poli), iperpolarizzazione se si rende il potenziale ancor più negativo.



Il potenziale d'azione è una rapida depolarizzazione della membrana, che viene portata a valori positivi e in condizioni fisiologiche è sempre uguale a se stesso (arriva sempre a +30mV), della durata dell'ordine dei millisecondi.

Il potenziale nasce con l'ingresso massivo e passivo di Na (per gradiente di concentrazione), che causa l'apertura dei canali voltaggio-dipendenti per il Na, e più ne entra, più canali vengono aperti. A questo punto se si supera la soglia si avrà un potenziale d'azione, altrimenti si sarà trattato solo di una depolarizzazione. Raggiunto il potenziale d'azione si aprono i canali voltaggio-dipendenti del potassio, potassio che sempre per gradiente di concentrazione esce dalla cellula. Si attiva quindi la pompa sodio-potassio (processo attivo → ATP), che attivamente butta fuori Na e tira dentro K. Essendo ancora aperti i canali del K si ha una iperpolarizzazione → periodo refrattario assoluto: la cellula non reagisce ad alcuno stimolo; periodo refrattario relativo: successivo al refrattario assoluto → più si è vicini al tempo refrattario assoluto più dovrà essere elevato lo stimolo. Questo periodo di pausa di cui necessita la cellula è indispensabile per permettere la ricarica e per evitare l'inversione del verso del potenziale d'azione: per andare avanti bisogna fare terra bruciata dietro.

Sinapsi. Sinapsi chimiche → rilascio di neurotrasmettitori mediante esocitosi; funzionano fino a micrometri (= micron = 10^{-6} m) di distanza, quindi una terminazione pre-sinaptica può stimolare più terminazioni post-sinaptiche (amplificazione del segnale). Sono sinapsi che possono modulare il segnale.

Sinapsi elettriche → avvengono perché la prima cellula (neuroni), iperpolarizzandosi, depolarizza la contigua; è la più veloce; le due giunzioni devono essere molto vicine (qualche nanometro = 10^{-9} m) altrimenti lo stimolo elettrico si disperde nell'acqua. Nel nostro corpo ci sono più sinapsi chimiche che elettriche.

Proprietà emergenti del SN sono ad esempio le emozioni → sono frutto dei 10^{11} neuroni e 10^{14} sinapsi nel solo SNC, ecco perché siamo così complessi.

La retina è l'unica parte del SNC direttamente osservabile senza intervento chirurgico.

Sistema sensoriale. La divergenza (un recettore diffonde a più neuroni) amplifica il segnale, ciò che accade di solito dall'esterno verso l'interno. Per l'occhio invece accade il contrario, ovvero si comprime il segnale mediante la convergenza (126mln di fotorecettori per molte meno aree cerebrali).

Il potenziale di recettore viene modulato principalmente dall'intensità e non dalla frequenza: questo processo è più rapido e precede la depolarizzazione neuronale.

Per avere la massima risoluzione dell'immagine i fotorecettori sono in grado di attuare l'inibizione laterale, ovvero il fotorecettore che riceve il fotone inibisce i laterali per aumentare il contrasto e la risoluzione dell'immagine.

I recettori si dividono in chemocettori, meccanocettori, termocettori, fotorecettori, nocicettori e ognuno è tarato per rispondere al suo stimolo adeguato, tranne in eccezionali situazioni non fisiologiche, ad esempio quando si riceve una botta in testa, in seguito alla quale viene rilasciata un'enorme quantità di glutammato che raggiunge il primario (che normalmente riceve glutammato dal fotorecettore) e causa la visione di lampi ad occhi chiusi (le stelline dei cartoni animati).

Il fotorecettore trasduce un segnale elettromagnetico in un bio-segnale (prima fase chimica e poi fase elettrica → iperpolarizzazione). Altro elemento importante per i recettori è il campo ricettivo.

Acuità: discriminare due stimoli che nel tempo arrivano simultaneamente. Se si stimolano due punti che convergono sullo stesso neurone, percepisco un'unica pressione. Per avere una grande acuità visiva bisogna ridurre il campo visivo (aquila → campo visivo 15°).

Lo stimolo deve superare una soglia (limen → stimoli sottoliminari, liminari e sopraliminari) percettiva per essere percepito, al di sopra della quale l'intensità percepita I in risposta allo stimolo S è descritta dalla legge di Stevens:

$$I = k(S - S_0)^n$$

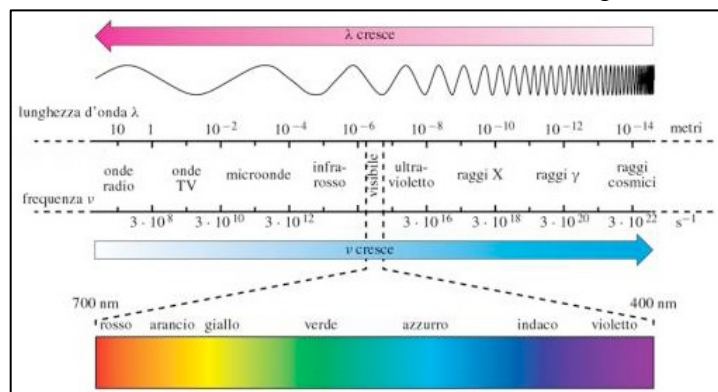
dove k è una costante di proporzionalità (costante di Weber) e S_0 l'intensità soglia dello stimolo. Se lo stimolo è sotto soglia, o si abbassa la soglia o si convergono/sommano nel tempo gli stimoli: al buio non si vedono oggetti che si spostano velocemente perché non vengono catturati fotoni in numero sufficiente. Quando si fissa un cielo stellato è come se si aumentasse il tempo di esposizione, ovvero mandando una stella pochi fotoni, ho bisogno di fissare il cielo per catturarne un po' e una volta sommati si inizia a vedere la stella: ecco che se uno incomincia a guardare il cielo di notte, questo si riempirà sempre più di stelle.

I recettori fasici osservano il cambiamento di fase, quindi nel caso in cui si accenda una luce mandano un segnale e ne rimandano un secondo quando la luce viene spenta; sono recettori che si adattano rapidamente. I recettori tonici invece continuano a rispondere per tutta la durata di uno stimolo; sono recettori ad adattamento lento.

$$E = h \times f = h \times 1/\lambda$$

dove h è la costante di Planck e f la frequenza. Le onde elettromagnetiche sono onde che portano energia e più ne portano più è alta la frequenza, come si evince dalla formula in cui frequenza ed energia sono direttamente proporzionali. Lo spettro del visibile va da 380 a 750 nm, ovvero siamo in grado di vedere frequenze con lunghezza d'onda comprese in questo range. In generale, lunghezza d'onda e frequenza d'onda sono inversamente proporzionali.

Tutto ciò che sta di fronte alla retina segue la teoria ondulatoria attraverso le leggi dell'ottica geometrica; quando la luce arriva alla retina conviene invece usare la teoria quantistica, immaginando la luce come insieme di fotoni.



Minore è la lunghezza d'onda e maggiore sarà l'angolo di rifrazione. L'indice di rifrazione dell'aria è 1, quello dell'acqua 1,33, quelli dei fluidi oculari 1,34-1,38.

La lente concava diverge i segnali, mentre quella convessa li converge in un punto focale.



Processo di visione: la luce entra nell'occhio, viene messa a fuoco sulla retina dal cristallino, i fotorecettori della retina trasducono il segnale fotonico in elettronico, i segnali elettrici vengono trasmessi.

Le proprietà rifrattive dei mezzi diottrici garantiscono che l'immagine di un oggetto posto a 6m cada a fuoco sulla retina, quindi un occhio emmetrope (= sano) non deforma il cristallino per guardare un'immagine a 6m, mentre inizia a comprimerlo quando si avvicina qualcosa all'occhio.

Punto remoto: il punto, per l'occhio emmetrope, posto all'infinito e corrispondente ad uno stato privo di accomodazione da parte del muscolo ciliare. **Punto prossimo:** corrisponde alla distanza minima alla quale l'oggetto può essere messo a fuoco e nel caso di occhio emmetrope è posto a 7cm.

Patologia oculare. Ipermetropia o presbiopia: il cristallino mette a fuoco dietro la retina (→ utilizzo lente convessa); ipometropia o miopia quando l'immagine si forma davanti alla retina (→ lente concava). L'astigmatismo è causato da una mancanza di simmetria radiale della cornea (più frequente) o del cristallino, più raramente della retina.

Anatomia oculare. Parti visibili: la pupilla è il foro attraverso il quale passa la luce per raggiungere la retina, l'iride è la saracinesca pigmentata che permette il maggior/minor passaggio di luce, la sclera è la parte bianca.

La cornea non è vascolarizzata, quindi facilmente trapiantabile. Subito dietro la cornea c'è la camera anteriore contenente umor acqueo, poi il cristallino (si sviluppa fino ai 30 anni). La zonula attacca il cristallino al muscolo ciliare, la cui contrazione modifica la curvatura del cristallino. Anche l'iride ha un muscolo dedicato, utile quando si decide di socchiudere gli occhi per facilitare la messa a fuoco mediante la riduzione delle afferenze luminose. Scendendo in profondità si arriva al corpo vitreo, riccamente vascolarizzato, e poi al disco ottico.

La fovea (solo coni) è la regione in cui si ha la massima acuità visiva. Nella macchia cieca, invece, non ci sono recettori, in quanto c'è il foro attraverso cui passano i nervi e i vasi. Intorno alla fovea gli strati cellulari si aprono e l'irrorazione si riduce, in modo da ostacolare al minimo i fotoni ed esporre la retina direttamente alla luce. I coni sono sensibili ai colori e si usano in situazioni fotopiche (di luce); i bastoncelli si usano in situazioni scotopiche (no luce). Nella fovea ci sono solo coni; quando si legge si usa la fovea, per questo non si può leggere al buio. Le stelle non si possono guardare con la fovea, tant'è vero che si vedono meglio guardando di traverso.

Retina: dall'umor vitreo procedendo in profondità si incontrano i vasi che irrorano la retina, la cellula gangliare, la cellula bipolare e infine, nel profondo, i fotorecettori (coni e bastoncelli). Sono così al fondo innanzitutto per un fatto di protezione (gli UV colpiscono prima tutto il resto), secondo per embriologia (l'occhio nasce per invaginazione del SNC, quindi la retina rimane dietro). L'epitelio pigmentato (dietro la retina) assorbe tutti i fotoni non raccolti (solo 1/6 viene colto da un fotorecettore) in modo che non vengano riflessi e mettano in crisi il sistema (troppe info). Nei felini notturni, invece, il fondo riflette per riutilizzare i fotoni (pochi di notte) non sfruttati al primo turno. L'umor acqueo è rilasciato tramite il corpo ciliare ed è continuamente in ricircolo. È possibile questo spostamento di acqua verso la camera anteriore grazie al gradiente di concentrazione (pressione osmotica): rilascio Na dai corpi ciliari (che lo prendono dall'interno in cambio di H) che richiama acqua. I farmaci per correggere la pressione oculare agiscono su apporto di umor o eliminazione di umor. Con l'età il canale di Schlemm (lo scarico dell'umor acqueo) si ostruisce a causa di detriti cellulari, quindi aumenta la pressione oculare → si risolve con intervento di bonifica. In 3 ore si ricambia tutto l'umor acqueo, la cui pressione è quindi molto variabile.

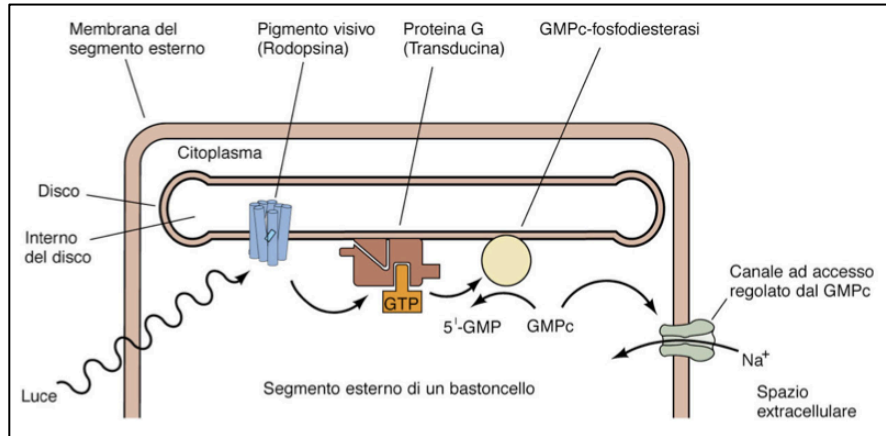
Struttura della retina. Sul fondo della retina ci sono i fotorecettori e solo 1 fotone su 6 viene percepito. Davanti ai fotorecettori ci sono le cellule bipolari che sinaptano poi con le gangliari (i loro assoni vengono fascicolati a formare il nervo ottico che porta l'informazione al genicolato reticolare): questi due tipi di cellule costituiscono il gruppo delle cellule verticali, deputate al trasporto del flusso dell'informazione; si distinguono poi le cellule orizzontali, le quali sommano le informazioni derivanti da più recettori. A livello della retina si distinguono già i contorni dell'immagine → prima elaborazione.



I bastoncelli sono 120 milioni per occhio, i coni 6 milioni per occhio. I bastoncelli sono più sensibili (il segnale può essere meno intenso) dei coni. Esiste solo un tipo di bastoncelli (visione monocromatica → l'occhio fa confronti: visione relativa e non per misurazioni assolute), mentre esistono 3 tipi di coni (R, G e B → visione a colori). Molti bastoncelli si connettono ad una cellula bipolare → scarsa acuità = bassa risoluzione; ogni cono invece è connesso ad una sola cellula bipolare → buona acuità = buona risoluzione. La cellula bipolare che sinapta con più bastoncelli unifica le informazioni ed è quindi paragonabile ad un unico pixel, mentre il rapporto 1:1 dei coni permette di “avere più pixel”.

Segmento esterno a forma di <u>bastoncello</u>	Segmento esterno a forma di <u>cono</u>
120.000.000 per occhio, distribuite in tutta la retina, e quindi usati per la visione periferica	6.400.000 per occhio, localizzati soprattutto nella fovea, e quindi usati per la visione nel centro della retina
Buona sensibilità	Povera sensibilità
solo 1 tipo → visione monocromatica	3 tipi (R, G e B) → visione a colori
Molti bastoncelli si connettono ad una cellula bipolare → scarsa acuità = povera risoluzione	Ogni cono è connesso ad una sola cellula bipolare → buona acuità = buona risoluzione

Trasduzione del segnale: il fotone, quando giunge alla membrana del disco presente nel fotorecettore, deforma la rodopsina (rod = bastoncello; conopsina → nei coni, identica) → sulla membrana dei dischi, dentro al fotorecettore. Il segnale elettromagnetico del fotone diventa segnale biologico dal momento in cui si deforma la proteina (rodopsina) contenuta nel fotorecettore. A questo punto la membrana si iperpolarizza (da -40 a -70mV) smettendo di rilasciare neurotrasmettitori (glutammato) → opposto della norma: depolarizzazione = aumento rilascio neurotrasmettitori.



Schematizzando: fotone → rodopsina → trasducina → fosfodiesterasi → taglia il cGMP riportandolo a GTP → si chiude il 4% dei canali di membrana (regolati dalla concentrazione di molecole cicliche) che permettevano l'ingresso di cationi Ca e Na → iperpolarizzazione → riduzione della secrezione di glutammato.

C'è una catena così lunga di trasduzione perché il segnale va amplificato: bisogna chiudere centinaia di canali di membrana per iperpolarizzare la membrana, in quanto la chiusura di un solo canale determina una variazione di 1 solo mV. L'amplificazione avviene come segue: 1 rodopsina → 100 transducine → 100 fosfodiesterasi; 1 fosfodiesterasi → idrolizza 103 GMPc/sec; 1 rodopsina → idrolizza 103 GMPc/sec.

Percezione dei colori: ciascun colore ha una frequenza e quindi energia diversa; la conopsina che percepisce il blu (colore a frequenza maggiore rispetto al rosso, quindi più energia) deve essere più resistente e deformarsi solo quando raggiunta da onde con la giusta energia.

LA VISIONE NELLO SPORT

Vedere nello sport significa integrare insieme una serie di abilità visive in un input visivo significativo attraverso cui programmare la giusta risposta motoria.

Le abilità visive sono 16:

- **acuità visiva statica ad alto contrasto** → capacità di distinguere due punti vicini.
- **acuità visiva dinamica** → distinguere i dettagli di oggetti in movimento.
- **sensibilità al contrasto** → in condizioni di basso contrasto riuscire a tirar fuori l'oggetto che ci interessa (sagoma del pesce sott'acqua). Il picco è a due terzi della dimensione massima.
- acuità visiva/sensibilità al contrasto con abbagliamento → non allenabile, dipende dal numero di canali del calcio, più ce ne sono e più si soffre l'abbagliamento.
- **motilità oculare** → movimenti dell'occhio rapidi (saccadi) e lenti inseguimenti (pursuit).
- fusione sensoriale e fusione motoria → unificare le due info derivanti dai due occhi (stereoscopia): se ho un occhio tanto più dominante vedrò la palla in una posizione sbagliata (1cm, prima, 1cm dopo, ecc.). La stereopsi è la capacità del sistema visivo di trasformare la leggera differenza di posizione di un oggetto rilevata dai due occhi (disparità retinica), in informazione sulla sua distanza (percezione della profondità).
- **accomodazione** → abilità del cristallino di passare da molto a poco convesso, che si riduce dopo i 40 anni.
- percezione della profondità.
- **dominanza** → un occhio tira più l'altro; è importante negli sport monoculari, dove è ad esempio importante mirare. Deve essere omolaterale negli sport di mira (miro e sparo con occhio e braccio destro), ma può essere crociata in altri sport come calcio e basket.
- campo visivo e consapevolezza periferica.
- coordinazione occhio-mano e occhio-piede.
- **percezione cromatica.**
- percezione figura-sfondo.
- tempo di reazione visiva → dipende dall'esperienza, in quanto bisogna prevedere.
- attenzione visiva.

Sport vision → disciplina che si occupa dell'allenamento delle abilità visive finalizzate allo sport. Per sapere cosa allenare bisogna sapere quali abilità visive servono per lo sport di interesse.

Occhio quieto: c'è un momento in cui il processo percettivo deve scollegarsi dall'arrivo di nuove informazioni, in quanto il cervello ha già elaborato la risposta. Nel tennis, ad esempio, colpita la palla, non bisogna seguirla con lo sguardo dall'altra parte, ma soffermarsi a guardare la racchetta, in modo da riposare l'occhio, mantenere l'equilibrio grazie alla posizione della testa, tanto una volta colpita non è possibile cambiare niente.



L'OCCHIO E LE PROTEZIONI NATURALI/ARTIFICIALI

Pressione intraoculare. La sclera, che anteriormente prende il nome di cornea, contiene tutti i liquidi oculari come fosse un palloncino. Il mantenimento della forma e della pressione (12-18 mmHg) del bulbo oculare è a carico dell'umor acqueo (camera anteriore) e dell'umor vitreo (camera posteriore). In condizioni fisiologiche, l'afflusso e il deflusso (canale di Schlemm) dei liquidi si equivalgono: umor acqueo = 2-3 $\mu\text{l}/\text{min}$; umor vitreo = 2,5 $\mu\text{l}/\text{min}$. La pressione intraoculare è misurata con il tonometro strumento che comprime la cornea e ne saggia il tono (oggi si usano misuratori a infra-rossi).

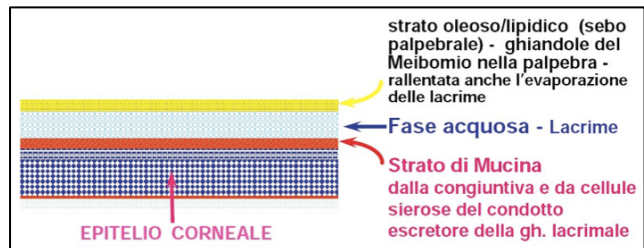
L'intervento farmacologico gioca sulla riduzione della produzione di umor acqueo mediante l'intervento sui β 2-bloccanti. È invece più complesso agire sul deflusso → operazione chirurgica di pulizia del canale di Schlemm.

Apparato naturale di protezione: la principale protezione è la cavità ossea, l'orbita. L'esofalmo si misura mettendo una mano sull'occhio: maggiore è la pressione che esercita, minore è il grado di protezione. Il resto del sistema di protezione è composto da palpebre, ciglia e sopracciglia + sclera + congiuntiva + apparato lacrimale.

È importante la rima palpebrale, ovvero come si giustappongono la palpebra superiore e quella inferiore. Le ciglia proteggono la palpebra e non tanto il bulbo oculare.

La secrezione lacrimale inizia alcune settimane dopo la nascita e si riduce con l'età (questo è un bene per chi affetto da iper-pressione intraoculare); le lacrime servono a proteggere le superfici della congiuntiva e della cornea, nutrono la cornea (portano ossigeno dall'esterno, dall'interno ci pensa l'umor acqueo), lavano via particelle estranee ai lati dell'occhio, combattono e bloccano eventuali micro-organismi (una mancanza può favorire congiuntiviti), lubrificano la superficie ottica della cornea (se mancano le lacrime, le palpebre sfregano sulla sclera e sulla cornea causando arrossamento), a piangere. C'è una ghiandola lacrimale principale e delle ghiandole accessorie che secernono il liquido che raggiunge il bulbo oculare attraverso un dotto escretore.

Ammicciamento e rossore oculare. Osservando la cornea, si distingue uno strato esterno lipidico, il film lacrimale, una fase acquosa intermedia e lo strato di Mucina che quando passa da idrofobo ad idrofilo (in conseguenza della rottura del film lacrimale e conseguente evaporazione dello strato acquoso) determina la chiusura palpebrale (ammiccamento) per spalmare un nuovo strato lipidico: il continuo chiudere rapidamente gli occhi (= ammicciamento) è quindi dovuto a tale meccanismo ed avviene inconsciamente e continuamente durante la giornata. Il rossore oculare conseguente ad un uso prolungato del computer si sviluppa in quanto il monitor riduce l'ammiccamento (si chiude l'occhio meno volte) e di conseguenza si lubrifica di meno il bulbo oculare. Il nucleo lacrimale, controllato da gangli della base, talamo e ipotalamo, può stimolare la ghiandola lacrimale causando il pianto, durante il quale la lacrimazione aumenta di 100 volte.



Protezioni artificiali. Gli UV hanno lunghezza d'onda minore e frequenza maggiore dello spettro del visibile, quindi maggior energia ($E = hf$) → dannosi. Anche se è energia elettromagnetica, la si può immaginare come energia meccanica: se ci si schianta in moto a 100 km/h, la maggior energia cinetica della situazione determina danni ben più gravi di un incidente a 20 km/h, velocità alla quale si ha un'energia cinetica inferiore. Energia meccanica o elettromagnetica poco importa: sempre di energia si tratta.

Soprattutto nello sport, si utilizzano occhiali fascianti per bloccare raggi UV provenienti da tutte le direzioni (riverbero della sabbia/cruscotto/strada bagnata/neve). L'acqua riflette il 20% dei raggi solari, la schiuma il 25%; anche vele e superfici delle barche (solitamente bianche per non scaldarsi) riflettono. La neve riflette l'80% dei raggi UV.

Si distinguono UV-A, UV-B e UV-C: i B e C hanno frequenza maggiore, ma dovrebbero essere assorbiti dall'atmosfera (buco dell'ozono permettendo). Il 60 % degli UV si concentrano tra le

10.00 e le 14.00. La cornea assorbe 210-315nm (2-17% UV-B; 50% UV-A), il cristallino 3-8% UV-B, 40-60% UV-A. Questo il motivo dell'invecchiamento (irrigidimento) del cristallino, che come una plastica esposta a lungo al sole perde di elasticità.

Gli occhiali da sole devono filtrare gli UV: se sono lenti senza filtro peggioro la situazione, perché la lente scura permette all'occhio di rimanere più aperto e gli UV penetrano ancora meglio. Lo stesso discorso vale per le nuvole, che permettono di tenere gli occhi aperti, ma gli UV ci sono lo stesso.

Le uniche lenti colorate che hanno senso sono quelle giallognole per i tiratori, in quanto si ha un bersaglio mobile di colore fisso su sfondo stabile (blu del cielo), quindi si sa quale frequenza di luce filtrare.



By Antonio Gualtieri

By Antonio Gualtieri

By Antonio Gualtieri

By Antonio Gualtieri

By Antonio Gualtieri

