

I movimenti oculari

Chiara Della Libera

DSNV Università di Verona
Sezione di Fisiologia Umana
tel. 045 802 7198
chiara.dellalibera@medicina.univr.it

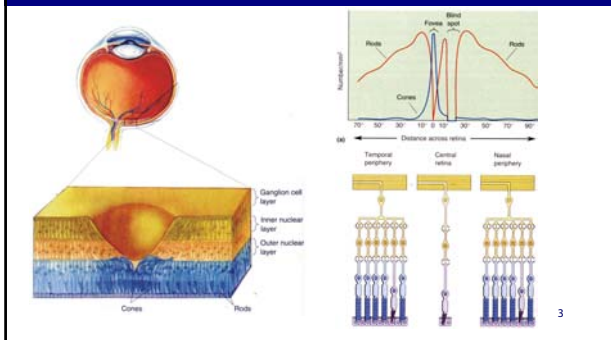
1

Vedere vs. Guardare

- La possibilità di muovere gli occhi è cruciale per vedere in modo normale.
- Il movimento degli occhi è controllato in modo preciso, per migliorare la nostra percezione.
- Gli spostamenti del nostro sguardo influiscono sulla nostra possibilità di elaborare informazioni.
- Questi spostamenti devono avvenire a favore di ciò che è "realmente" importante...

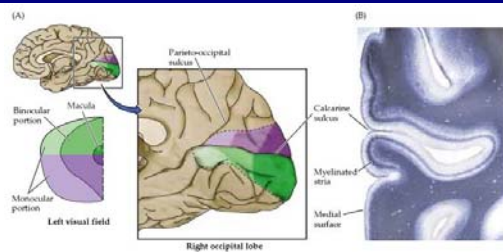
2

La fovea



3

Risorse preziose



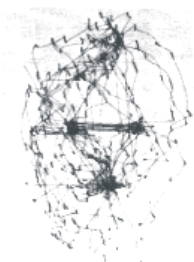
La fovea è la parte della retina più rappresentata nella corteccia visiva. E' qui che avviene l'analisi più dettagliata degli stimoli visivi.

4

Vedere vs. Guardare



Il tracciato oculografico rivela le parti più "importanti" dell'immagine.



5

I movimenti oculari

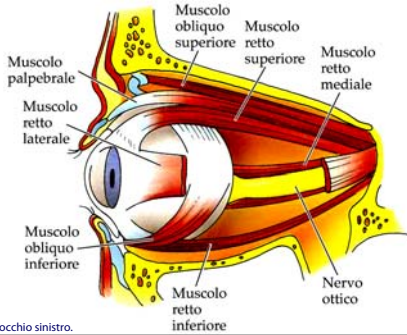
- Hanno lo scopo di:
 - Spostare lo sguardo su oggetti e posizioni spaziali diverse;
 - Mantenere lo sguardo su questi oggetti o posizioni per il tempo necessario.
- Spesso non sono gli oggetti che si muovono (e devono essere "inseguiti"), ma siamo noi a non rimanere mai fermi!
Con gli occhi dobbiamo compensare anche questi spostamenti.

6

I muscoli extraoculari

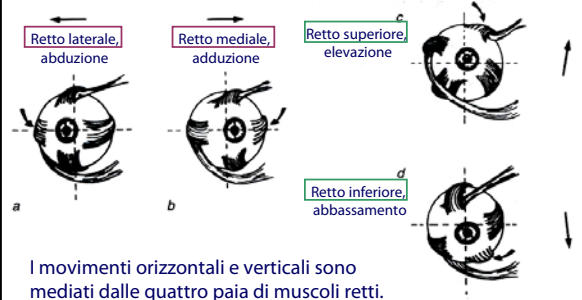
Tre paia di muscoli antagonisti:

1. Retti mediale e laterale
2. Retti superiore ed inferiore
3. Obliqui superiore ed inferiore



In questa immagine è presentato l'occhio sinistro.

Movimenti orizzontali e verticali

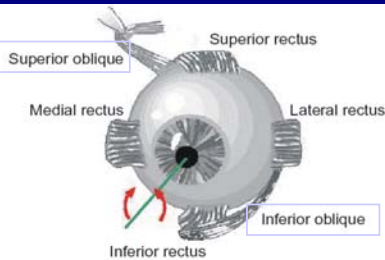


I movimenti orizzontali e verticali sono mediati dalle quattro paia di muscoli retti.

In questa immagine è presentato l'occhio destro.

8

Movimenti di torsione

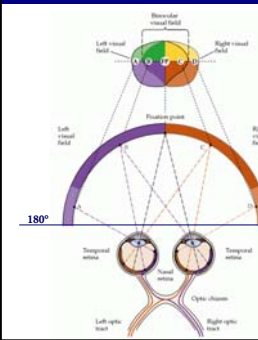


I muscoli obliqui mediano i movimenti di torsione del bulbo oculare.

9

In questa immagine è presentato l'occhio sinistro.

Lo spazio visibile



L'ambito di mobilità dell'occhio umano è di circa 90° . Dato che il nostro campo visivo ricopre circa 180° , mantenendo ferma la testa possiamo vedere complessivamente una panoramica di 270° . Considerando solo ciò che possiamo vedere con la fovea, raggiungiamo comunque i 270° se aggiungiamo anche i movimenti possibili della testa.

10

Movimenti oculari

1. Nistagmo fisiologico
2. Riflesso vestibolo-oculare
3. Riflesso optocinetico
4. Movimenti di vergenza
5. Movimenti di inseguimento lento
6. Movimenti saccadici

11

Il nistagmo fisiologico

- E' un movimento *involontario* degli occhi.
- Consiste in un leggero *tremore* dovuto al movimento involontario dei muscoli extraoculari.
- A causa del nistagmo la posizione dell'immagine sulla retina non è mai immobile, ma cambia continuamente.
- Quale può essere la sua utilità?

12

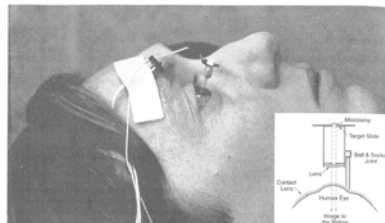
Evidenza del nistagmo



Fissando il punto nero per 30" e poi spostando lo sguardo sul punto bianco si vede apparire l'immagine postuma della griglia bianca. Questa immagine postuma sembra muoversi leggermente, anche se cerchiamo di non muovere gli occhi.

13

Le immagini stabilizzate



Si può eliminare l'effetto del nistagmo facendo in modo che un'immagine venga proiettata continuamente sulla stessa zona della retina. Dopo qualche secondo l'immagine stabilizzata "scompare", non viene più percepita!

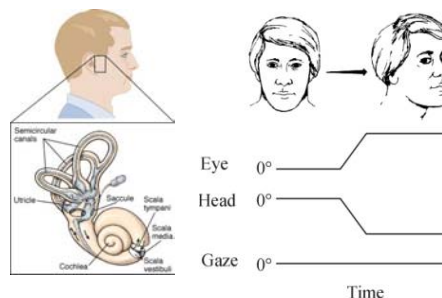
14

Il riflesso vestibolo-oculare (i)

- E' un movimento involontario degli occhi, di tipo *compensatorio*, in seguito ai movimenti della testa.
- E' mediato dal sistema vestibolare, un sistema specializzato per rilevare l'accelerazione lineare e angolare dei movimenti della testa.
- Il movimento rilevato dal sistema vestibolare regola di riflesso la tensione dei muscoli extraoculari, facendo in modo che lo sguardo rimanga sul punto di fissazione.

15

Il riflesso vestibolo-oculare (ii)



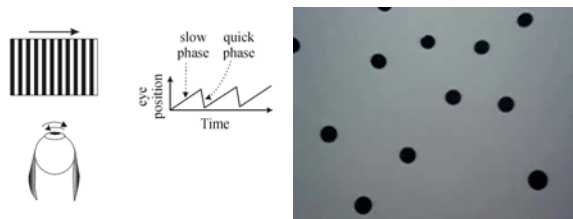
16

Il riflesso opto-cinetico (i)

- E' un movimento involontario degli occhi che si osserva di solito in combinazione con il riflesso vestibolo-oculare, quando compiamo ampi movimenti con il capo.
- E' innescato da traslazioni sulla retina di grossa parte del campo visivo.
- In base alla velocità di traslazione dell'immagine sulla retina, viene prodotto un movimento degli occhi nella stessa direzione e con la stessa velocità.

17

Il riflesso opto-cinetico (ii)



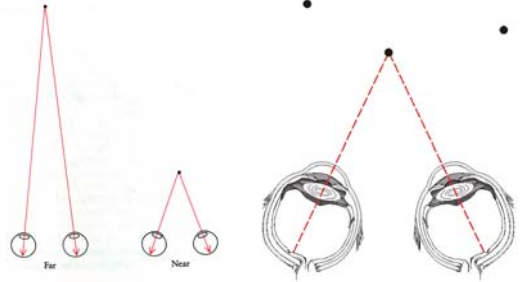
18

Movimento di vergenza

- E' un tipo di movimento volontario, che permette di convergere lo sguardo sul punto di fissazione.
- Più vicino è il punto di fissazione e maggiore sarà il movimento di vergenza.
- Gli occhi convergono per mantenere lo sguardo su un oggetto che si avvicina, e divergono quando questo si allontana.

19

Movimenti di vergenza



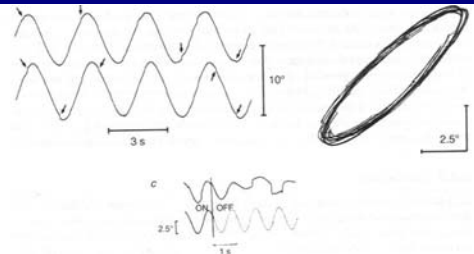
20

Movimento di inseguimento lento

- E' un movimento volontario, che si osserva però *soltanto* in presenza di stimoli in movimento nel campo visivo.
- Permette di stabilizzare un oggetto in movimento sulla retina in modo da poterne esplorare i dettagli.
- Permette di "inseguire" gli oggetti che si muovono "lentamente", a circa $100^\circ/\text{sec}$.

21

Movimenti di inseguimento lento



I movimenti di inseguimento lento (*smooth pursuit*) hanno una latenza di 100-150 ms. Dipendono però dall'aspettativa, e possono essere programmati in "anticipo" rispetto al movimento del bersaglio, se esso si muove in modo prevedibile.

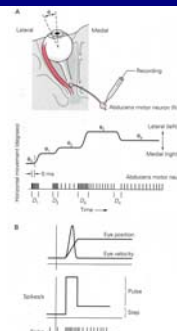
22

Movimento saccadico (i)

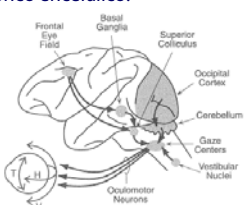
- E' un movimento volontario, che si osserva durante l'esplorazione della scena visiva.
- Permette di portare nuovi oggetti potenzialmente interessanti sulla fovea.
- E' un movimento di tipo *balistico*, una volta iniziato non può esserne cambiata la velocità o la traiettoria.
- La latenza media è di 150-200 ms, dura circa 50 ms e può raggiungere la velocità di $900^\circ/\text{sec}$.

23

Movimento saccadico (ii)

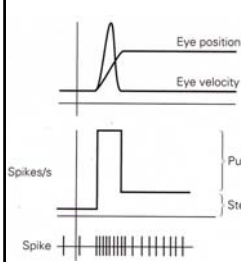


I movimenti saccadici vengono generati da un'attività di tipo pulse-step dei motoneuroni nel tronco encefalico.



24

Movimento saccadico (iii)



L'attività pulse consiste in una serie di impulsi in alta frequenza che determinano un'energica contrazione dei muscoli interessati. In questo modo si vince l'inerzia dell'occhio e si impone una forte accelerazione al movimento. L'attività step consiste in un segnale tonico, che è proporzionale alla posizione dell'occhio nell'orbita. In questo modo si mantiene l'occhio fermo nella nuova posizione.

25

Le saccadi (i)



Durante l'esplorazione visiva di un'immagine si alternano velocemente dei movimenti saccadici (*saccadi*), che spostano la fovea su zone salienti dell'immagine, e fissazioni della durata di circa 300 ms, durante le quali è possibile acquisire informazioni.



Una delle differenze principali fra le saccadi ed i movimenti di inseguimento lento è il fatto che durante il movimento saccadico il nostro sistema visivo non acquisisce informazioni (*soppressione saccadica*).

26

Le saccadi (ii)

- L'informazione più importante per l'esecuzione di una saccade è la posizione verso la quale deve essere compiuto il movimento.
- La maggior parte delle volte le saccadi non raggiungono subito il bersaglio, ma devono essere corrette da una saccade secondaria.
- Se è necessario eseguire saccadi più precise, si noterà un aumento della latenza, o del tempo necessario per programmarle.

27

Obiettivi e Saccadi...

Valutare lo stato economico degli individui nell'immagine	Esplorazione libera	Giudicare l'età degli individui nell'immagine
Indovinare cosa stessero facendo prima dell'arrivo del visitatore		Ricordare i dettagli dell'abbigliamento delle persone
Ricordare i dettagli dell'ambiente in cui si trovano		Per quanto tempo è stato assente il visitatore?

28

Tracciare i movimenti oculari



Bobina sclerale
(Scleral eye-coil)



Eye trackers
fotoelettrici



Classificazione dei movimenti oculari (i)

Mantenere lo sguardo su un bersaglio

- Riflesso vestibolo-oculare
- Riflesso optocinetico
- Movimenti di vergenza
- Movimenti di inseguimento lento

Portare lo sguardo su un bersaglio

- Movimenti saccadici

30

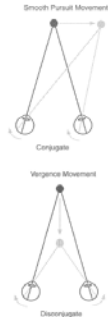
Classificazione dei movimenti oculari (ii)

Movimenti coniugati

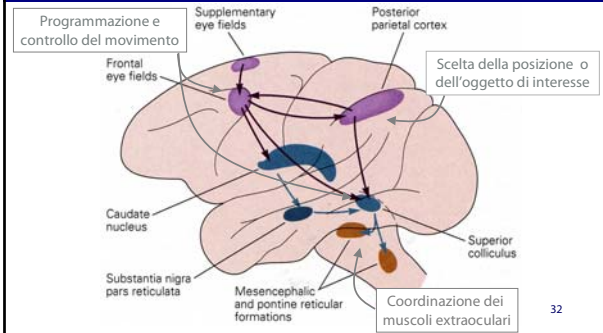
- Riflesso vestibolo-oculare
- Riflesso optocinetico
- Movimenti di inseguimento lento
- Movimenti saccadici

Movimenti non coniugati

- Movimenti di vergenza



Aree coinvolte nella programmazione ed esecuzione delle saccadi



32

Programmare una saccade

- Si ipotizza che esistano tre meccanismi che operano in parallelo, coinvolti rispettivamente nello scegliere:
 - QUANDO (*when*) sarà eseguita la saccade
 - DOVE (*where*) sarà diretta la saccade
 - COSA (*what*) sarà il bersaglio della saccade

33

Programmazione saccadica

La latenza saccadica è *aumentata* da:

- Presenza di distrattori non rilevanti assieme allo stimolo bersaglio
- Bersaglio di basso contrasto
- Bersaglio molto eccentrico (in periferia)
- Uso di "trasformazioni" della reale posizione del bersaglio (*antisaccadi*)

La latenza saccadica può essere *diminuita* conoscendo in anticipo la posizione che sarà occupata dal bersaglio.

34

Il collicolo superiore

- Riceve informazioni sia dalla retina che dalla corteccia visiva primaria.
- La sua posizione è "strategica", in quanto permette di programmare molto velocemente saccadi dirette ad oggetti o posizioni spaziali che sono divenute improvvisamente salienti.
- Trasforma le afferenze visive in comandi oculomotori.
- Le cellule dello strato superficiale del collicolo superiore rispondono marcatamente quando l'oggetto nel loro campo recettivo sarà il bersaglio della prossima saccade.
- Contribuisce a rendere più *saliente* la posizione dello stimolo da foveare.

35

I campi oculari frontali (*frontal eye fields*)

- Organizzano le saccadi in base ad una *mappa di salienza*.
- Se i neuroni di questa area vengono stimolati elettricamente si innescano delle saccadi dirette a specifiche posizioni nel campo visivo.
- Nei FEF c'è una mappa spaziotopica di tutte le posizioni verso le quali è possibile compiere una saccade.

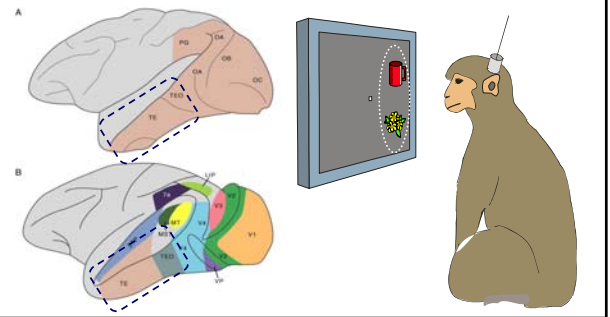
36

La corteccia parietale

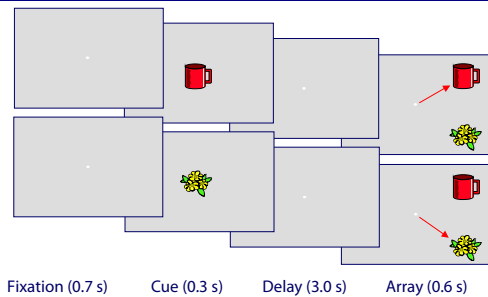
- Partecipa alla selezione delle zone nello spazio sulle quali portare lo sguardo.
- E' strettamente legata all'elaborazione attenzionale degli stimoli.
- E' costituita da neuroni che rispondono selettivamente agli stimoli visivi che saranno il bersaglio di future saccadi.
- Stimoli e posizioni spaziali rilevanti per gli obiettivi correnti hanno carattere prioritario ed hanno maggiore probabilità di diventare bersagli di future saccadi.

37

Saccadi e selezione dell'oggetto

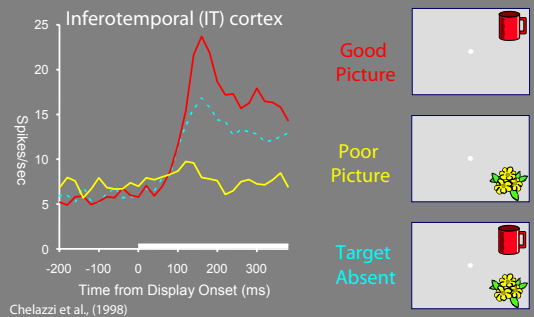


La scelta del bersaglio saccadico (i)

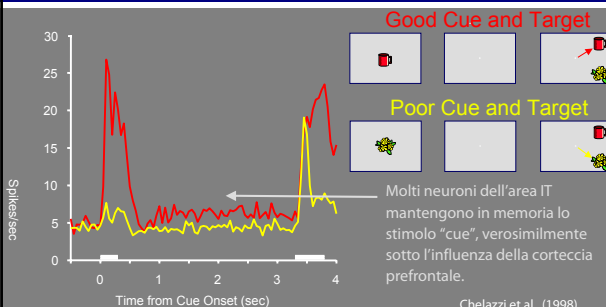


39

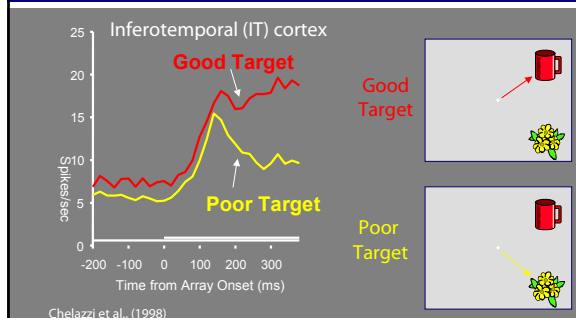
La scelta del bersaglio saccadico (ii)



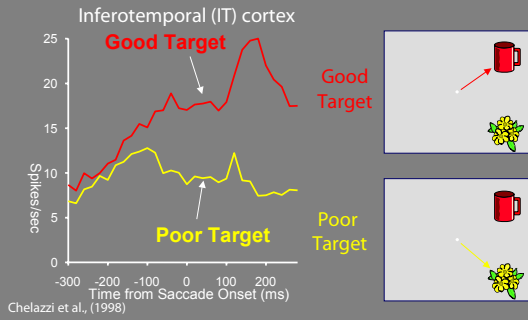
La scelta del bersaglio saccadico (iii)



La scelta del bersaglio saccadico (iii)



La scelta del bersaglio saccadico (iv)



Un bersaglio fra molti oggetti

