

EL TÁLAMO Y LAS FUNCIONES NEUROPSICOLÓGICAS

Jordi Peña-Casanova

Secció de Neurologia de la Conducta i Demències

Servei de Neurologia. Hospital del Mar

Unitat de Recerca en Serveis Sanitaris

Institut Municipal d'Investigació Mèdica

NEURO-COG

<http://www.neuro-cog.com>

El tálamo y las funciones cognitivas

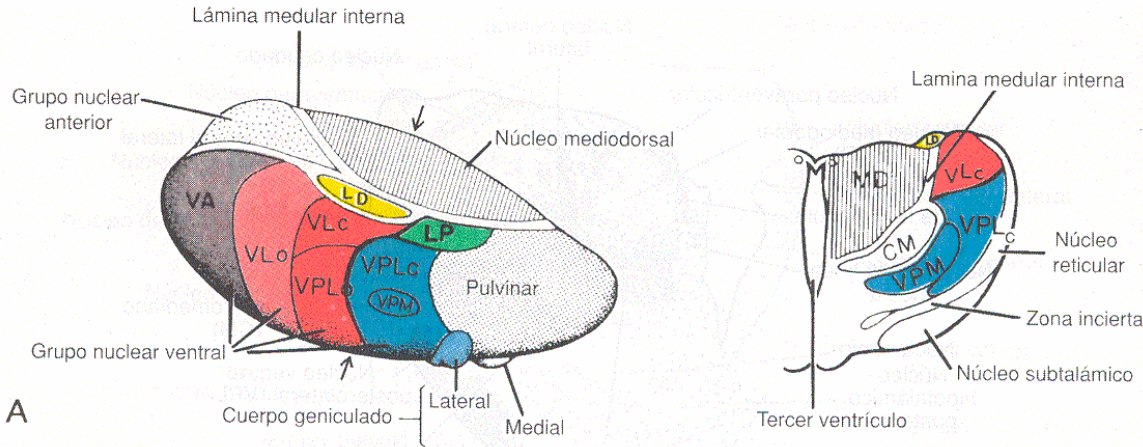
- **Visión tradicional:** Tálamo como centro de relevo (relay) hacia la corteza
 - Todas las vías sensoriales (excepto la olfacción) hacen relevo talámico.
- **Realidad:** El tálamo juega un papel mucho más complejo, dinámico y activo en el procesamiento de la información.
 - La función cortical se ha de considerar integrada y bidireccional con el tálamo. Se debe hacer un análisis basado en bucles (Basso et al 2005).

Tálamo: tipos de núcleos

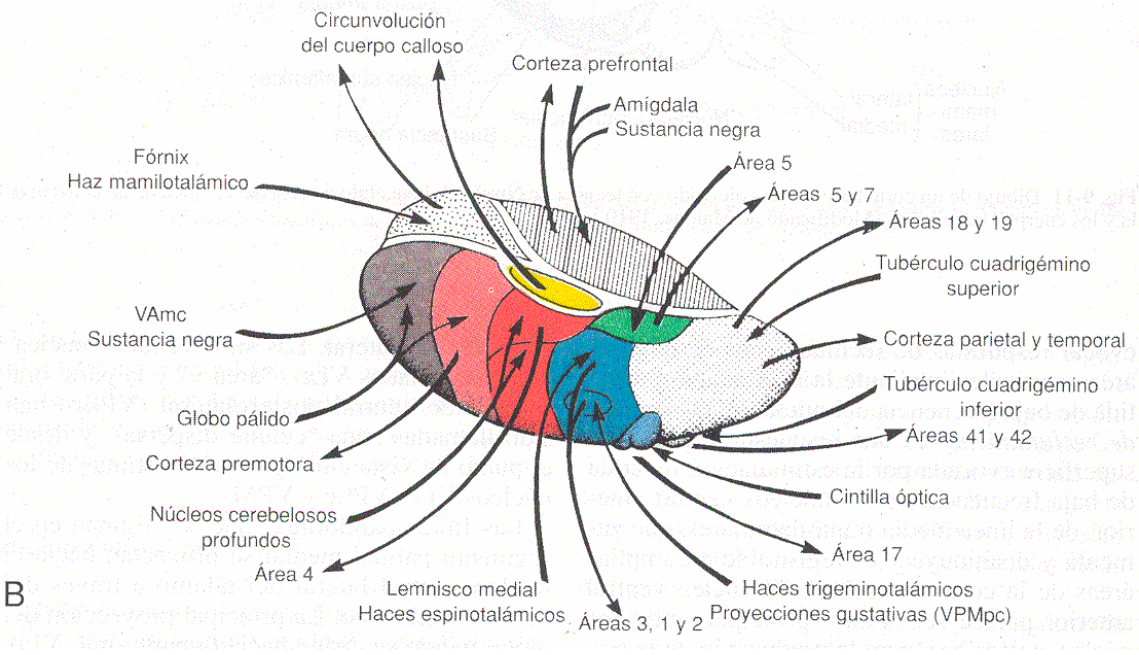
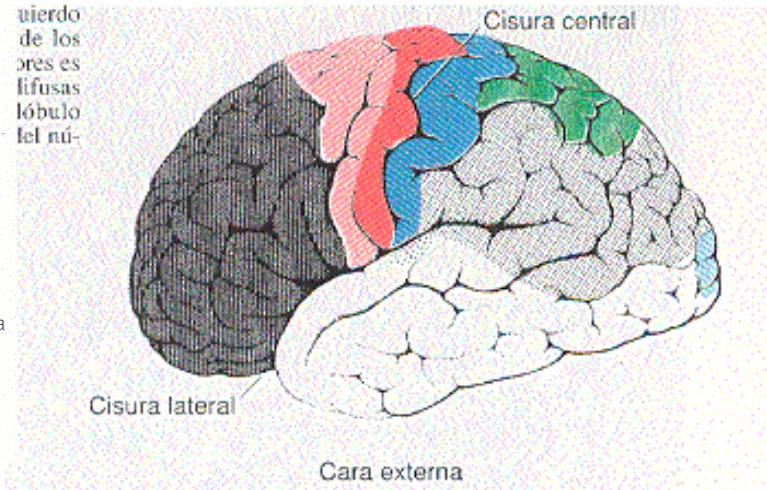
(Sherman & Guillery 2004)

- Núcleos de primer orden
 - Reciben aferencias de la periferia sensorial, o de centros cerebrales inferiores, que luego son enviadas a la corteza.
- Núcleos de orden superior
 - Sirven de enlace en conexiones cortico-tálamo-corticales.
 - Reciben mensajes de procesamiento cortical a través de la capa V (piramidal interna).
 - Presentan una mayor actividad en ráfaga (burst)
- Núcleos mixtos
 - Contienen circuitos de primer orden y de orden superior. P. ej. núcleos intralaminares

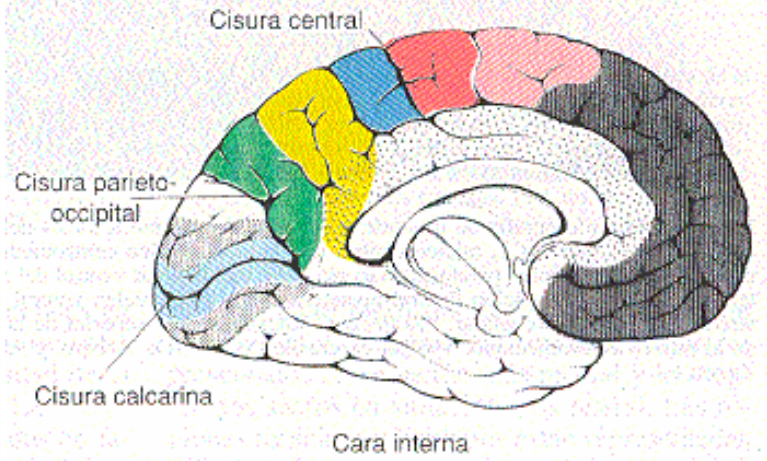
Tálamo: núcleos y conexiones



A



B



Tálamo: inputs conductores y moduladores

(Sherman & Guillery, 1998, 2004)

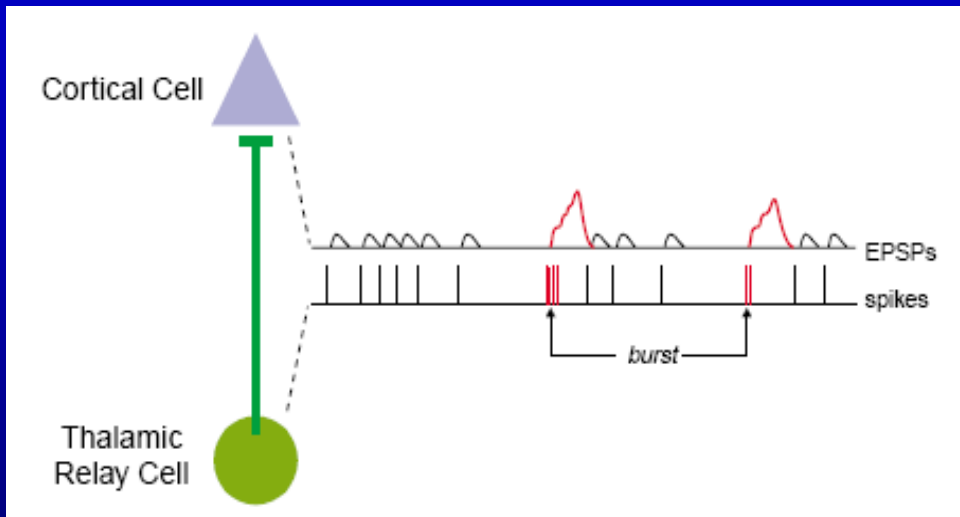
- Identificación del tipo de información que se envía a través del tálamo: las células de relevo se dividen en dos grupos: drivers & modulators (Sherman & Guillery, 1998).
- **Inputs conductores (impulsores):** se encargan de conducir la información hacia la siguiente estructura
 - » (ej. cuerpo geniculado externo – corteza occipital)
- **Inputs moduladores:** realizan una modulación de la transmisión talámica del input del conductor.
 - » (ej. aferencias GABAérgicas locales, entradas cortico-talámicas desde la capa VI, aferencias colinérgicas, noradrenérgicas y serotoninérgicas troncoencefálicas.
 - Pueden activar receptores metabotrópicos con efecto sináptico lento y prolongado

Modos funcionales de las células de relevo

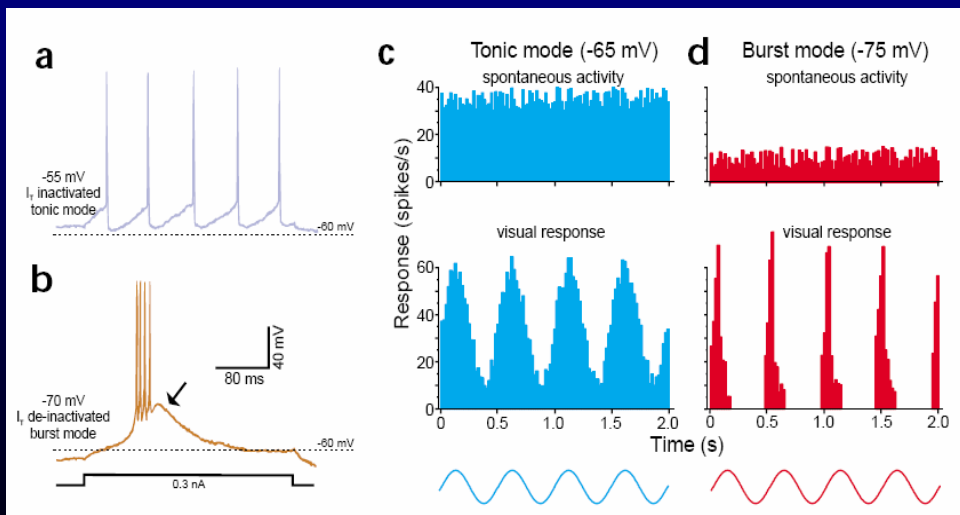
- Dos modos funcionales de descarga
 - Descarga tónica (tonic)
 - » Predomina en sueño
 - Descarga en ráfaga (burst)
 - » Predomina en el estado de vigilia
- Dependientes de la función de un canal de calcio de bajo umbral y voltaje dependiente (canal tipo TCa^{2+}), situado en membranas somáticas y dendríticas.

Dicotomía importante para entender los procesos Perceptivo-atencionales (Swadlow & Gusev 2001)

Relay neurons: “Wake up call”



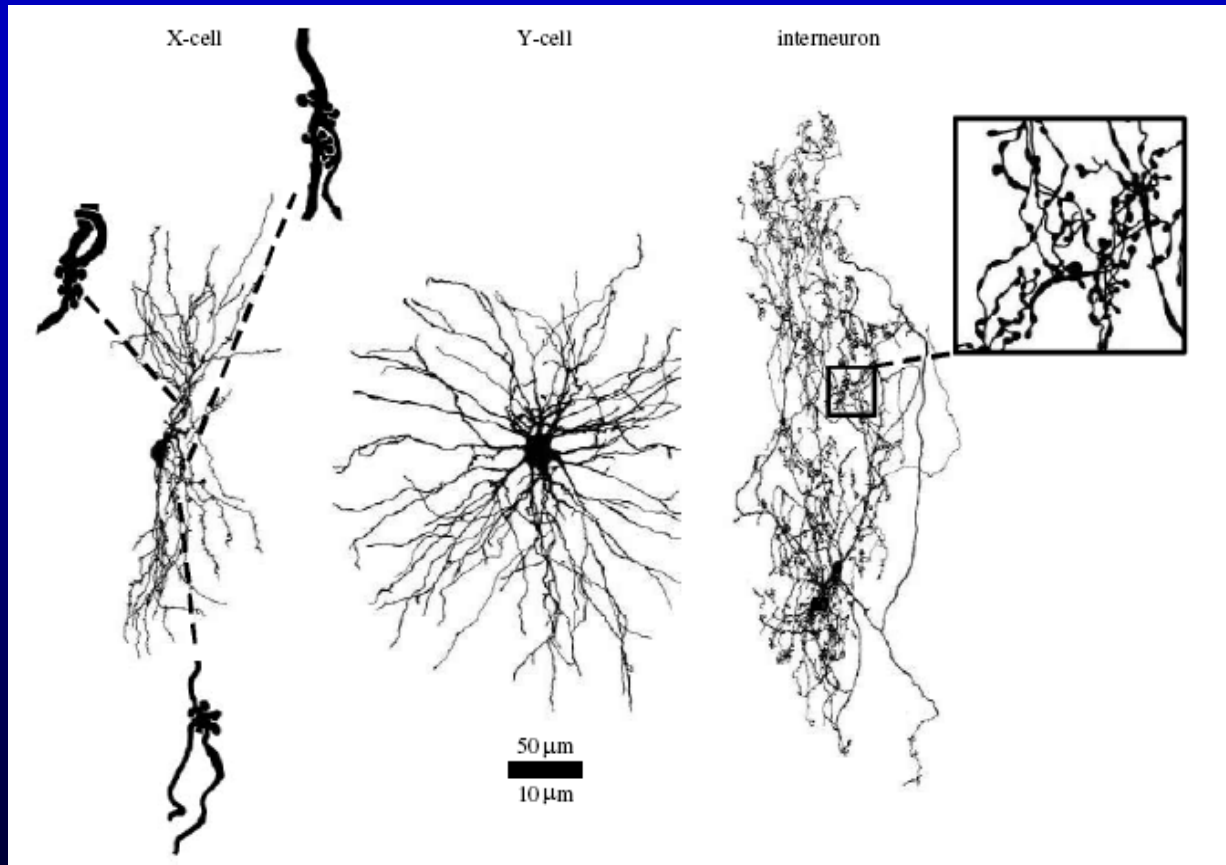
- Descarga en ráfaga
 - Llamada de despertar
 - » Ha estado previamente inactiva
 - » La corteza también
- Descarga tónica
 - Reconstrucción del estímulo



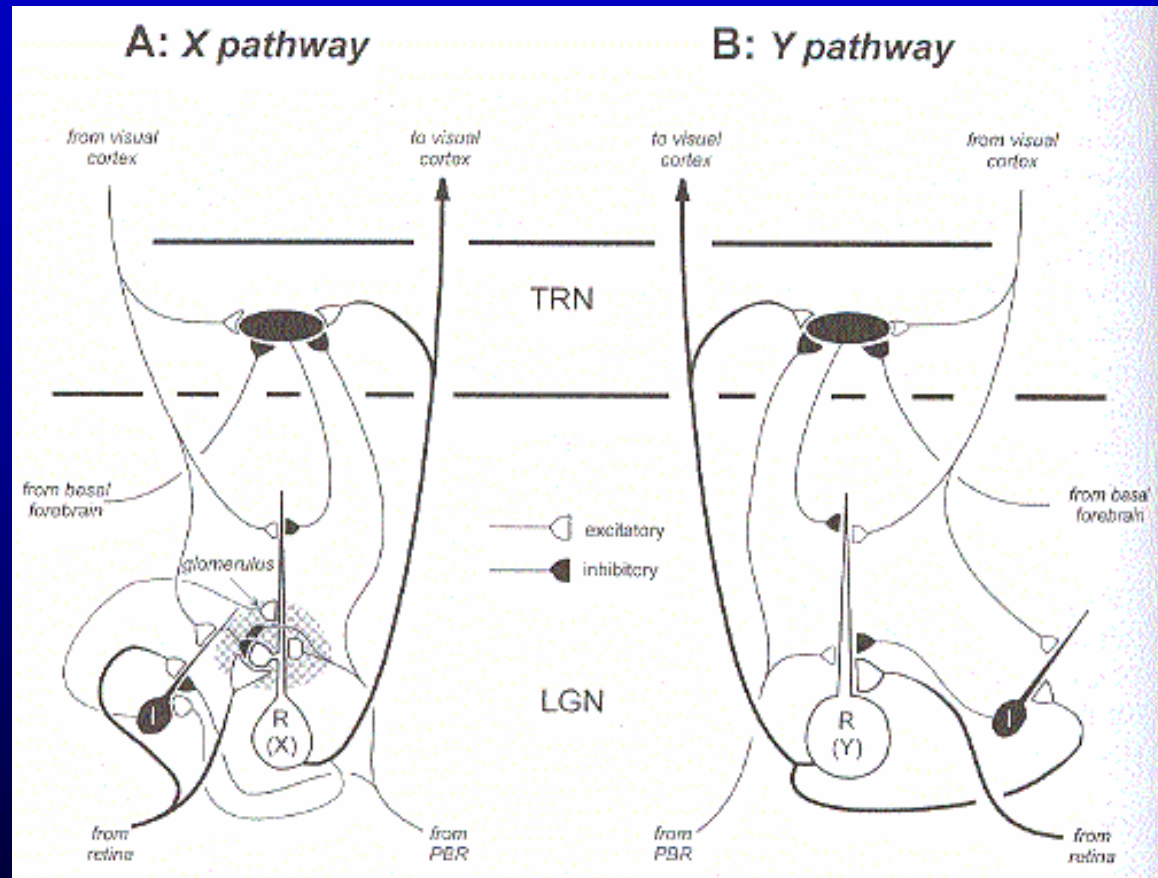
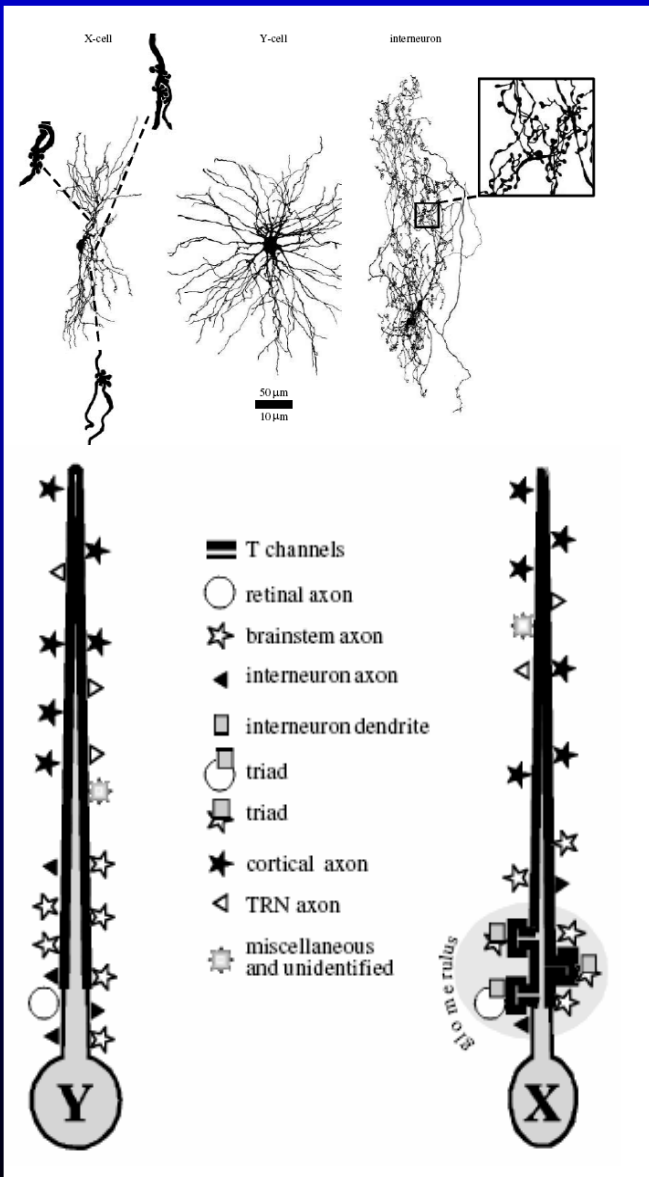
Switch

- Burst output
- Tonic output

Thalamus: X-cell, Y-cell & interneuron



Thalamus: canonical circuit



Sistemas talámicos GABA-ergicos inhibidores

- El GABA tiene un papel importante en la naturaleza dinámica del procesamiento intratalámico.
- Influencias inhibitoras
 - Interneuronas intrínsecas: probablemente relacionada con el dolor talámico.
 - Vía inhibitora que parte del núcleo reticular talámico
 - En tálamo posterior existe una entrada inhibitora procedente de la zona incerta (Basso et al, 2005).

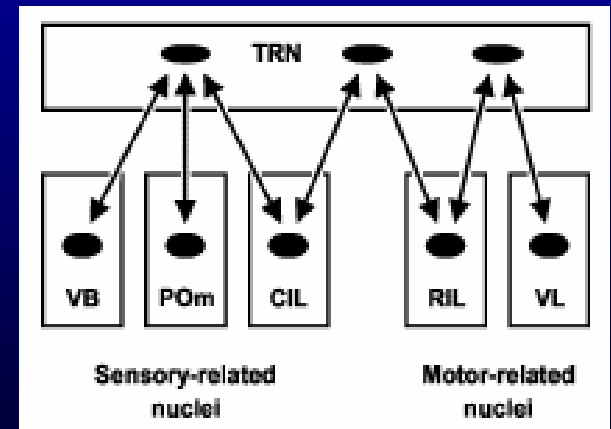
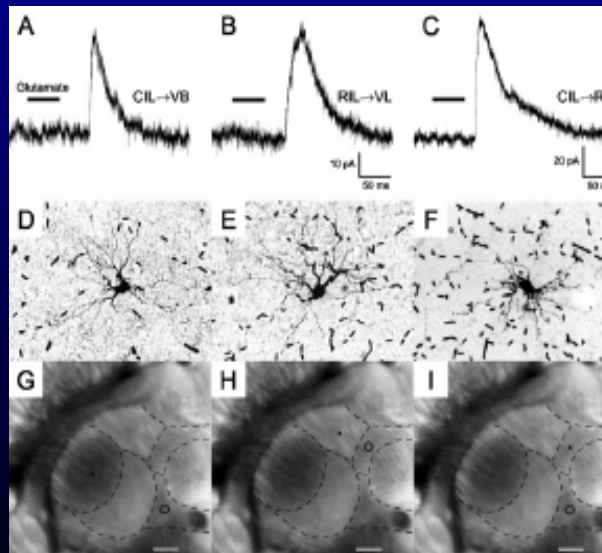
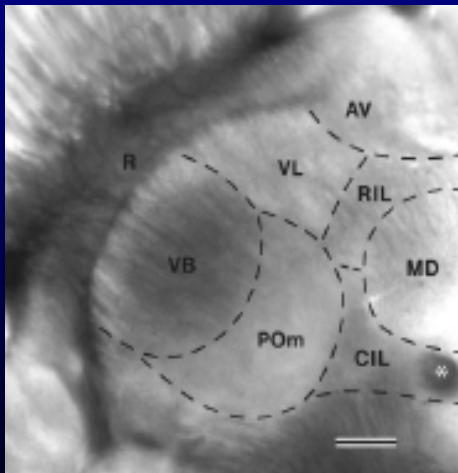
Las aferencias sensoriales y el tálamo

- La información procedente de cada modalidad sensorial es canalizada por vías separadas a V1, A1, S1.
- Las sinapsis (Sherman y Guillery 2002)
 - Únicamente entre un 5-10% de las sinapsis de las células talámicas de relevo proceden de aferentes sensoriales
 - El resto (90-95%), son moduladoras y proceden de otras zonas como la capa VI de la corteza, el tronco del encéfalo, interneuronas locales y del núcleo reticular del tálamo

Consecuentemente: el campo periférico de las células talámicas está determinado por pocas neuronas

Modality-related and cross-modality switching in the dorsal thalamus

- Existe una importante red de vías intratalámicas que permiten la modulación intramodal o intermodal de la información que circula a través del varios núcleos talámicos de primer orden, de orden superior o mixtos, en el tálamo dorsal (Crabtree & Isaac 2002).



TRN: Nuc. Reticular T

Tálamo: control de acción y percepción

- Todas las áreas de la neocorteza reciben aferencias talámicas.
- Los axones centrípetos se dividen en ramas dirigidas al tálamo y a centros premotores y motores del tronco del encéfalo (Guillery & Sherman 2002, Guillery 2003).
- La bifurcación de las **aferencias** pone de relieve un enlace sensoriomotor.
- El tálamo conduce a la corteza una información que “**es copia**” de las informaciones enviadas a estructuras de centros motores o premotores (= “descarga corolario”)

Tálamo: control de las eferencia motoras

- El tálamo actúa como supervisor o controlador (monitor) de la eferencia motoras (Guillery & Sherman 2000).
- La gran mayoría de mensajes eferentes corticales que alcanzan el tálamo son **ramificaciones de axones que se dirigen al tronco del encéfalo o la médula espinal.**
- La bifurcación de las eferencias pone de relieve un enlace sensoriomotor.
- Las conexiones proceden de la capa V de la corteza y se dirigen a núcleos de primer orden, y a núcleos talámicos de orden superior como el pulvinar (hecho en todas las cortezas, no sólo en las motoras)
- La corteza envía al tálamo información que “**es copia**” de la que envía a los centros motores subcorticales. La información transmitida a la corteza (de una corteza a otra) puede jugar un papel importante en el procesamiento sensorial

Thalamus: cortico-cortical communication

Neuron, Vol. 33, 163-175, January 17, 2002, Copyright ©2002 by Cell Press

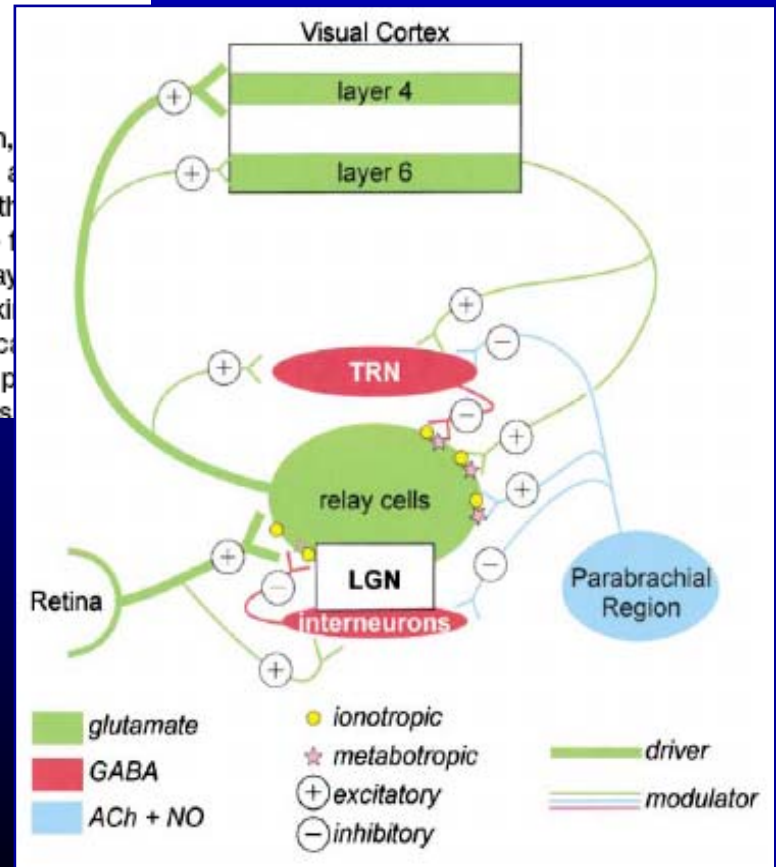
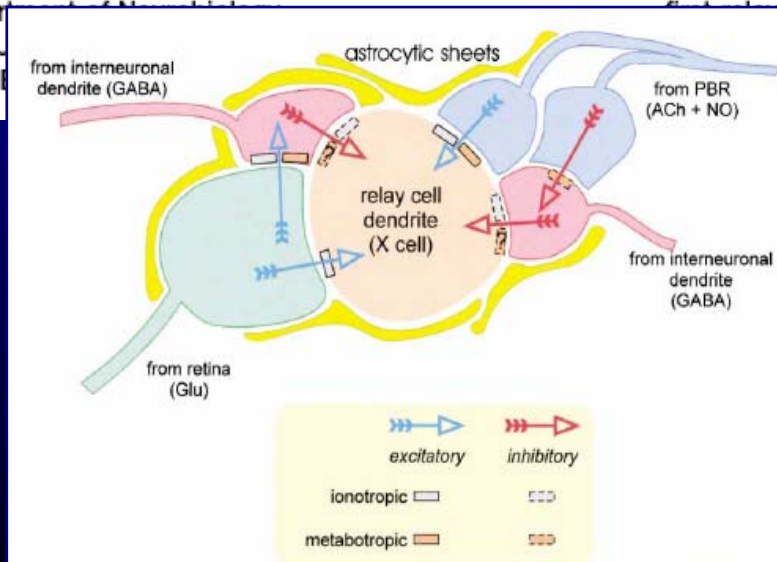
Thalamic Relay Functions and Their Role in Corticocortical Communication: Generalizations from the Visual System

R.W. Guillery¹ and S. Murray Sherman^{2,3}

¹Department of Anatomy
University of Wisconsin School of Medicine
1300 University Avenue
Madison, Wisconsin 53706

²Department of Neurobiology
State University of New York
Stony Brook

bodies or the cerebellum, cells in layer 5 of cortical are themselves in receipt of the "higher order" afferents and relay cells (Sherman and Guillery, 2001). The "higher order" afferents and relay cells are "higher order" because they are the final stage of a specific kind of pathway. Relays



Thalamus: monitor of sensory inputs and cortico-cortical processing

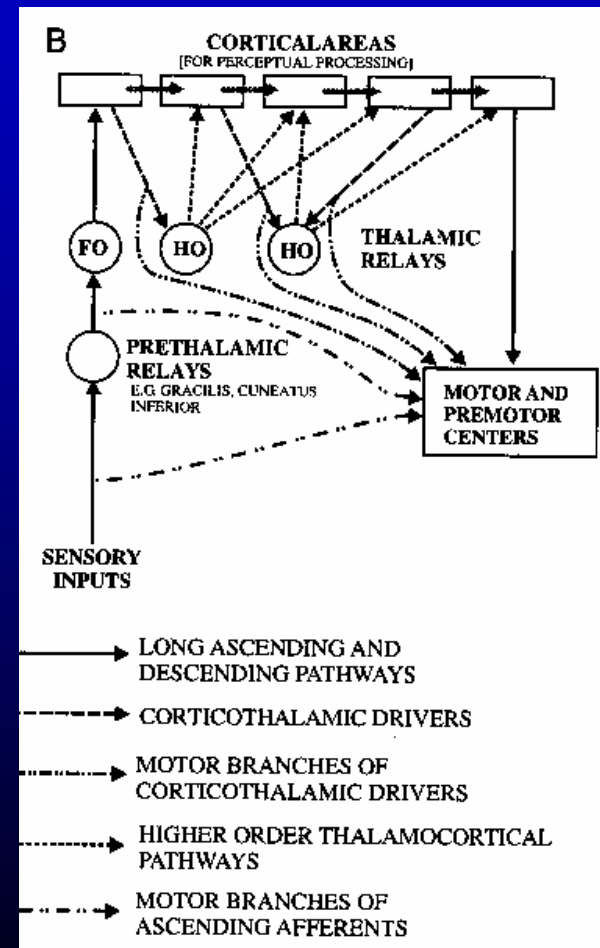
The role of the thalamus in the flow of information to the cortex

S. Murray Sherman^{1*} and R. W. Guillery²

¹Department of Neurobiology, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5230, USA

²Department of Anatomy, University of Wisconsin School of Medicine, 1300 University Avenue, Madison, WI 53706, USA

The lateral geniculate nucleus is the best understood thalamic relay and serves as a model for all thalamic relays. Only 5–10% of the input to geniculate relay cells derives from the retina, which is the driving input. The rest is modulatory and derives from local inhibitory inputs, descending inputs from layer 6 of the visual cortex, and ascending inputs from the brainstem. These modulatory inputs control many features of retinogeniculate transmission. One such feature is the response mode, burst or tonic, of relay cells, which relates to the attentional demands at the moment. This response mode depends on membrane potential, which is controlled effectively by the modulator inputs. The lateral geniculate nucleus is a first-order relay, because it relays subcortical (i.e. retinal) information to the cortex for the first time. By contrast, the other main thalamic relay of visual information, the pulvinar region, is largely a higher-order relay, since much of it relays information from layer 5 of one cortical area to another. All thalamic relays receive a layer-6 modulatory input from cortex, but higher-order relays in addition receive a layer-5 driver input. Corticocortical processing may involve these corticothalamocortical 're-entry' routes to a far greater extent than previously appreciated. If so, the thalamus sits at an indispensable position for the modulation of messages involved in corticocortical processing.



Thalamus: monitor of motor outputs

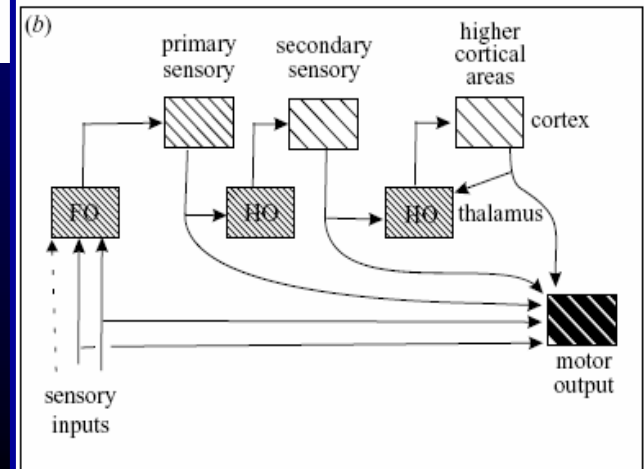
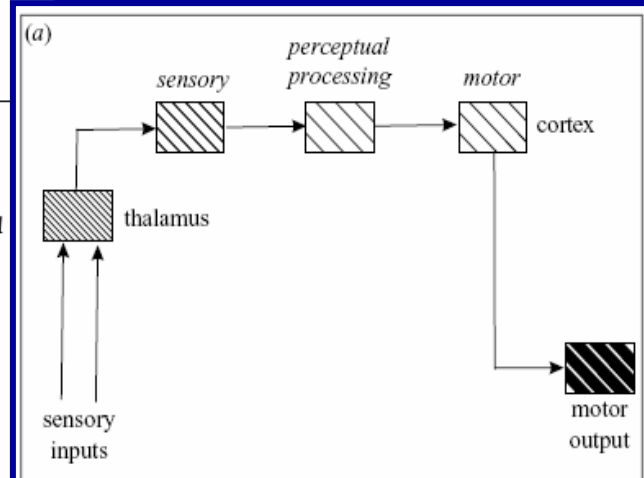
The thalamus as a monitor of motor outputs

R. W. Guillery^{1*} and S. M. Sherman²

¹Department of Anatomy, University of Wisconsin School of Medicine, 1300 University Avenue, Madison, WI 53706, USA

²Department of Neurobiology and Behavior, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5230, USA

Many of the ascending pathways to the thalamus have branches involved in movement control. In addition, the recently defined, rich innervation of 'higher' thalamic nuclei (such as the pulvinar) from pyramidal cells in layer five of the neocortex also comes from branches of long descending axons that supply motor structures. For many higher thalamic nuclei the clue to understanding the messages that are relayed to the cortex will depend on knowing the nature of these layer five motor outputs and on defining how messages from groups of functionally distinct output types are combined as inputs to higher cortical areas. Current evidence indicates that many and possibly all thalamic relays to the neocortex are about instructions that cortical and subcortical neurons are contributing to movement control. The perceptual functions of the cortex can thus be seen to represent abstractions from ongoing motor instructions.



Action and perception links

review

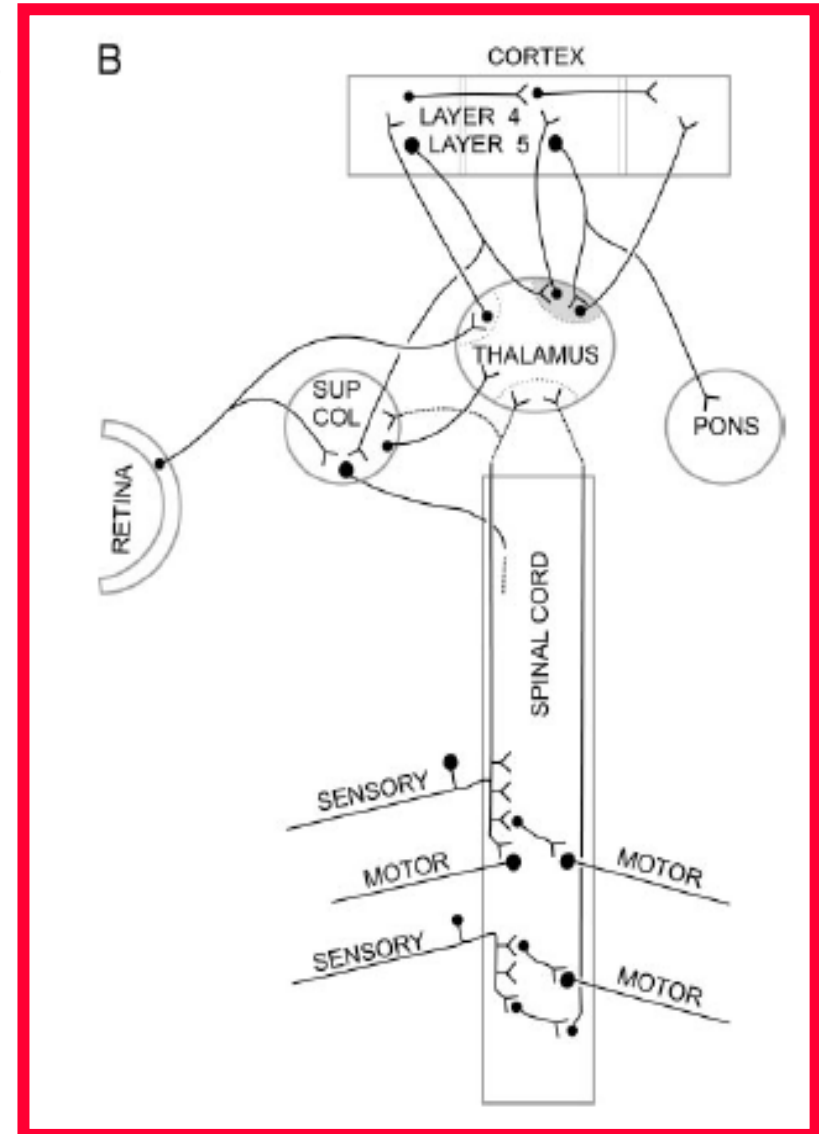
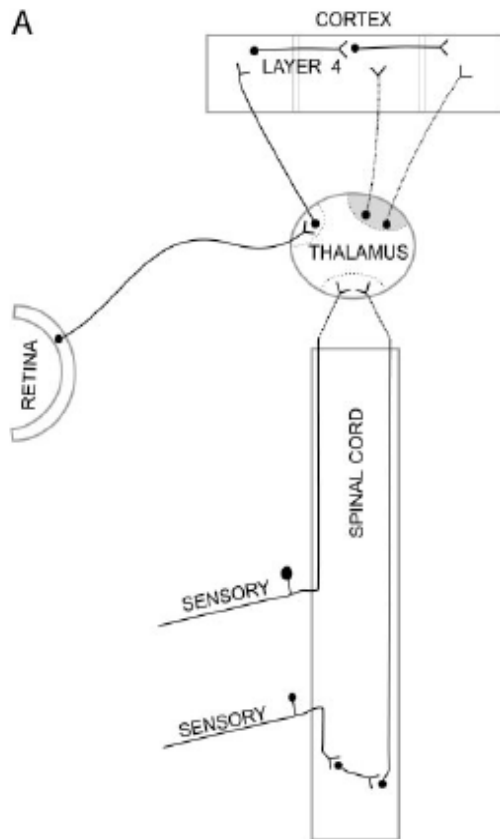
J Neurophysiol 90: 539–548, 2003;
10.1152/jn.00337.2003.

Branching Thalamic Afferents Link Action and Perception

R. W. Guillery

Department of Anatomy, University of Wisconsin, School of Medicine, Madison, Wisconsin 53706

Submitted 7 April 2003; accepted in final form 24 April 2003



Tálamo: sincronización e integración, I

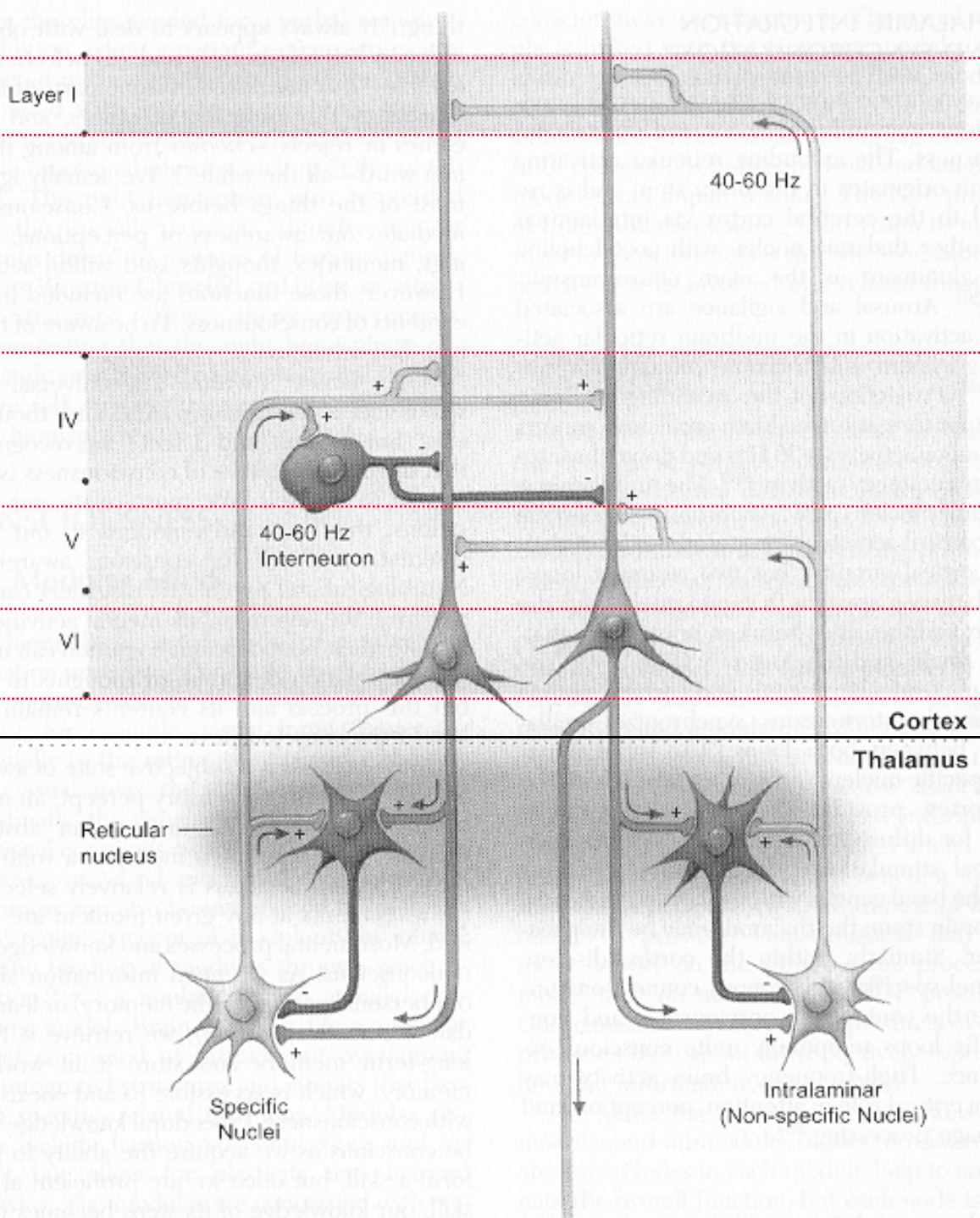
- Sincronización masiva de conexiones paralelas: pueden unificar la cognición y contribuir la generación de la conciencia.
- Modo de descarga en ráfaga (burst): más frecuente en menor alerta, adormecimiento y sueño no-REM.
 - EEG sincrónico y rápido. Se pueden observar los spindles (frec. 7-11 Hz).
 - La sincronización del EEG se basa en la actividad talámica (Steriade & Llinás 1988)
 - La neuronas del núcleo reticular pueden generar espontáneamente descargas rítmicas a una frec. De 10 Hz.
 - » Pueden sincronizar otras zonas ya que están relacionadas mediante colaterales con neuronas que inervan el tálamo dorsal y se pueden sincronizar todas las regiones reticulares (Steriade y Llinás 1988) .
 - » Neuronas reticulares: influencias GABA-ergicas

Tálamo: sincronización e integración, II

- La activación cerebral (despertar, *arousal*), en el sentido de vigilancia, se relaciona con los sistemas reticulares del tronco del encéfalo y de los núcleos intralaminares del tálamo.
- Neurotransmisores más importantes: AcC, Glu (Steriade 1996)
- Las proyecciones del sistema reticular ascendente mesencefálico facilitan las oscilaciones de la frecuencia gamma (>30 Hz), y desincronizan la bajas frecuencias (Munk et al 1996).
- Los sistemas talámicos intralaminares pueden sincronizar la actividad cortico-subcortical.

Thalamus: syncro

- Dos bucles paralelos y resonantes
 - Núcleos específicos – córtex.
 - Núcleos inespecíficos - córtex



Sincronizaciones: corolario

- Actividades reentantes sincronizadas, pero complejas.
 - La hipersincronización afecta la conciencia! (EEG hipersincronizado en epilepsia= alteración de la conciencia)
- Papel en la conciencia y en la experiencia consciente
- Papel en atención, percepción y procesamiento del lenguaje