

**FISIOLOGIA MEDICINA**

**FISIOLOGÍA  
DEL  
SISTEMA NERVIOSO  
AUTÓNOMO**

**2009**

**Ximena Páez**

IMPORTANTE:

Estos materiales audiovisuales  
no sustituyen el uso de los  
libros para estudiar fisiología

**NOTA:**

**Para las clases y materiales del Sistema Nervioso Autónomo, se ha seguido en gran parte la organización y las ilustraciones del libro *Autonomic Nerves* de L. Wilson-Pauwels, P-A. Stewart y E.J. Akesson. B.C. Decker, 1997.**

# FUENTES

- Fox S.I. *Human Physiology*. 10<sup>th</sup> edition. McGraw-Hill, New York, 2008.
- McCorry L.K. *Physiology of the Autonomic Nervous System*. Am. J. Pharm. Edu. 71 (4): 78, 2007.
- Costanzo L.S. *Physiology*. 3<sup>er</sup> Ed. Saunders Elsevier, 2006.
- Ganong. W. F. *Review of Medical Physiology*. 22<sup>th</sup> Ed. Lange, 2005.
- Shen H. *The autonomic nervous system*. Memocharts Pharmacology. An integrated minireview. Minireview LLC, Stow, 2004.
- Shen H. *Drugs affecting adrenergic transmission*. Memocharts Pharmacology. An integrated minireview. Minireview LLC, Stow, 2004.
- Shen H. *Drugs affecting cholinergic transmission*. Memocharts Pharmacology. An integrated minireview. Minireview LLC, Stow, 2004.
- Despopoulos A. Silbernagl S. *Color Atlas of Physiology*. 5<sup>th</sup> Ed. Thieme. 2003.
- *Goodman & Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics* 10<sup>th</sup> Ed. J.G. Hardman, L.E. Limbird Eds. , A. Goodman Gilman Consulting Ed. McGraw-Hill, 2001.
- Wilson-Pauwels L., Stewart P.A. Akesson E.J. *Autonomic Nerves*. B.C Decker, 1997.
- Day M.D. *Autonomic Pharmacology. Experimental y clinical aspects*. Churchill Livingstone, Edinburgh, 1979.
- Stoney S.D. *Autonomic Nervous System* en *Essencial Human Physiology*, en: <http://www.lib.mcgmedu/edu/eshuphysio/program/section8/8ch4/8ch4line.htm>  
Acceso: 28/10/08.
- Sheffield S. *The Human Nervous System*. En: GetBodySmart.com. <http://www.getbodysmart.com/ap/nervoussystem/menu/menu.html> Acceso: 28/10/08.



- I. **Introducción**
- II. **Sistema Nervioso Periférico**
- III. **SN Somático vs. SN autónomo**
- IV. **Anatomía funcional SNA**
- V. **Divisiones Simpática y Parasimpática**
- VI. **Neurotransmisión autonómica**
- VII. **Acciones autonómicas en órganos y tejidos**
- VIII. **Farmacotoxicología autonómica**
- IX. Clínica autonómica**

# SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO

## IX. Clínica autonómica

1. Disfunción autonómica

2. **Disfunción simpática**

Pánico

S. Claude Bernard-Horner

Golpe de calor

Feocromocitoma

3. **Disfunción parasimpática**

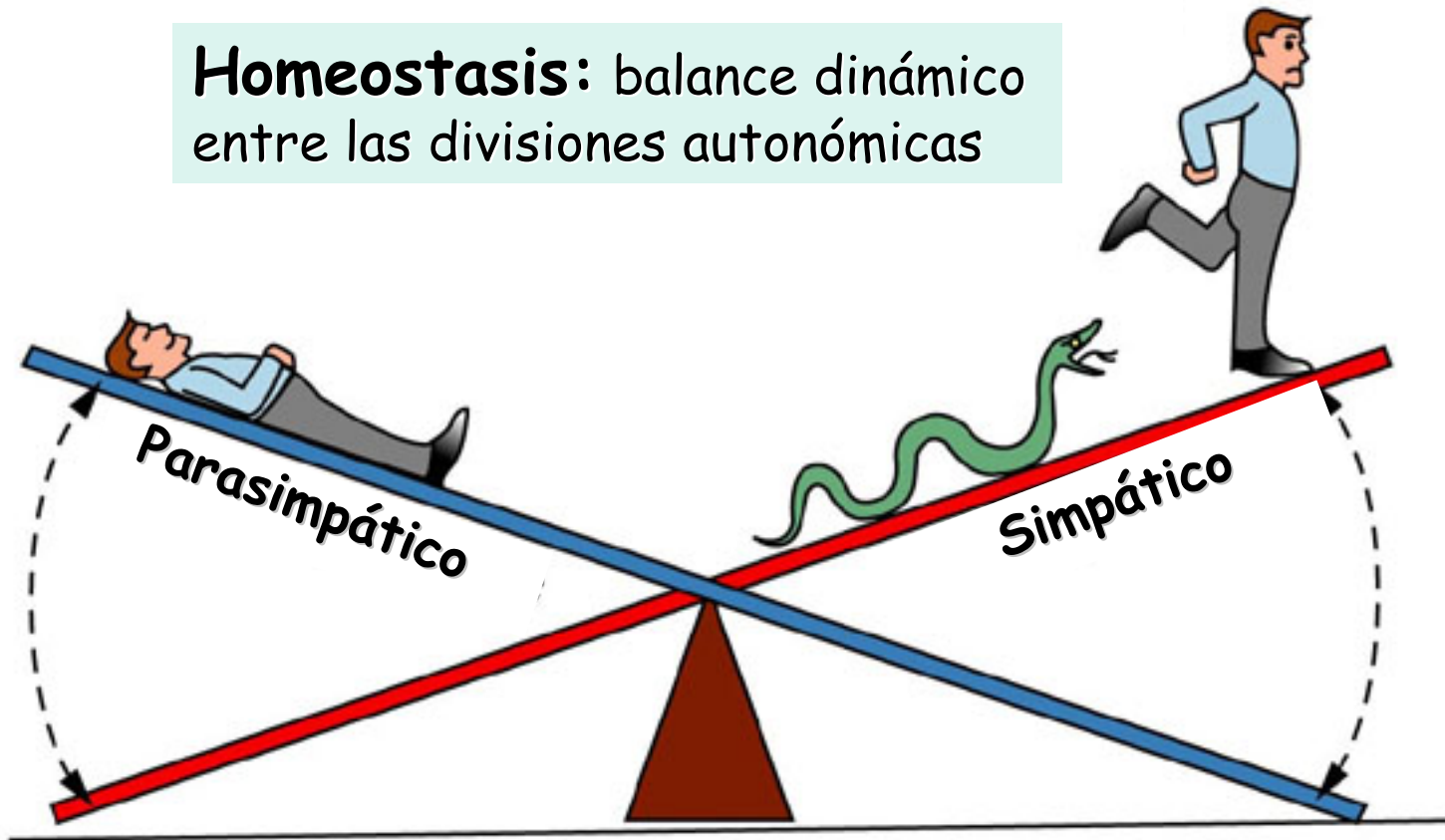
Asma

Vejiga neurogénica

Disfunción eréctil



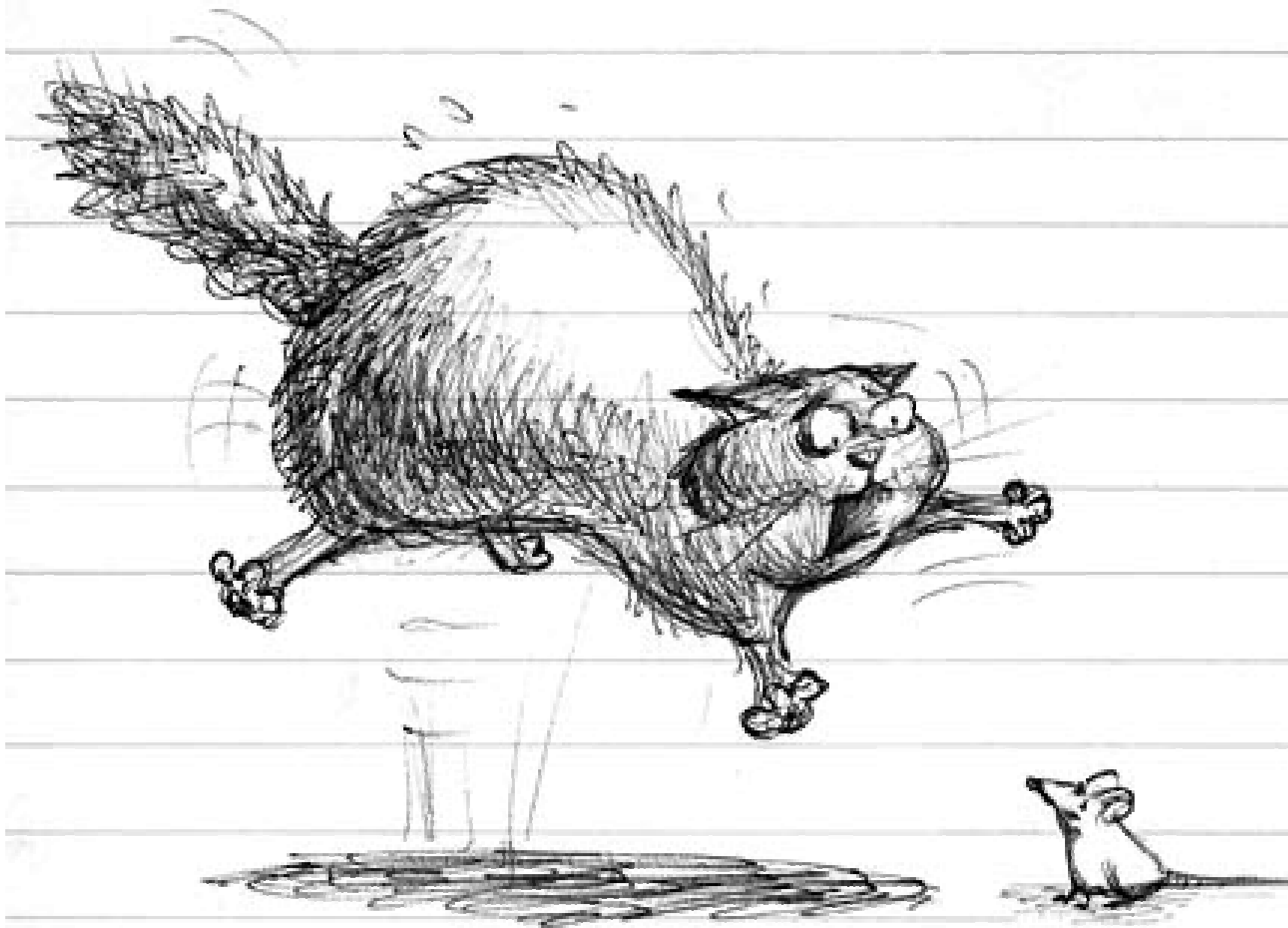
**Homeostasis:** balance dinámico entre las divisiones autonómicas



Reposo y digestión:  
**Parasimpático**

Pelear o correr:  
**Simpático**

[www.colorado.edu](http://www.colorado.edu)







## Signos de Disfunción Autonómica

- Hipotensión postural (ortostática)
- Taquicardia persistente
- Impotencia sexual
- Alteraciones de micción y defecación
- Sudación defectuosa

# Disfunción Autonómica

## IX Clínica autonómica

### PRIMARIA

#### Disautonomía familiar S. Riley-Day

Defecto genético raro  
en el desarrollo de  
células autonómicas

Alt. neuronas  
sensoriales, pre y  
postganglionares

Pérdida neuronas g.  
pterigopalatino

- Ausencia lágrimas
- Alt. consumo comida
- Inestabilidad vasomotora
- Insensibilidad al dolor
- Ataxia

# Disfunción Autonómica

## IX Clínica autonómica

### SECUNDARIA



- Diabetes
- Parkinson
- Neuropatía infecciosa periférica (Síndrome de Guillain Barré)
- Alcoholismo
- Esclerosis Múltiple
- Daño de la médula espinal

Disfunción **somática** sensorial y motora  
Signos **autonómicos** por daño de nervios periféricos

## Neuropatías Periféricas

## Disfunción Autonómica

### SECUNDARIA

### Ejemplos

## S. Guillain Barré

*Polineuropatía aguda inflamatoria  
desmielinizante*

Ataque autoinmune a la mielina  
en nervios periféricos

### Signos somáticos

- Parestesias
- Debilidad muscular ascendente
- Atrofia muscular
- Disminución reflejos miotáticos

### Signos autonómicos

- Hipotensión postural, arritmias
- Disfunción sexual y de micción
- Defecto de sudación

## Neuropatías Periféricas

## Disfunción Autonómica

SECUNDARIA

Ejemplos

Diabetes



*Daño nervios por hiperglicemia*

**Flujo sanguíneo afectado a los nervios**  
**Alteración precoz axones finos**

### Síntomas somáticos

**Pérdida percepción de dolor y  
temperatura**  
**Pérdida de percepción de  
vibración y sentido de posición**

### Síntomas autonómicos

**Afectación vasos**  
**\* Disfunción eréctil**  
**Afectación sistema urinario**  
**Sudación deteriorada**  
  
**\* Caso Gilberto**

## Disfunción Autonómica

## IX Clínica autonómica

### SECUNDARIA

#### Esclerosis múltiple

*Desmielinización autoinmune  
del SNC*

Desconexión neuronas  
preganglionares de la  
médula espinal de  
su control supraespinal

#### Transección médula espinal



Afecta control de temperatura,  
regulación de presión arterial  
micción, defecación y  
función sexual

## Respuestas Simpáticas

- Reacción fisiológica  
"Pelear o correr"
- Reacción patológica  
Ataque de pánico

- Síndrome Horner
- Golpe de calor
- Feocromocitoma

Estimulación Simpática

Reacción pelea huída



Ataque de pánico

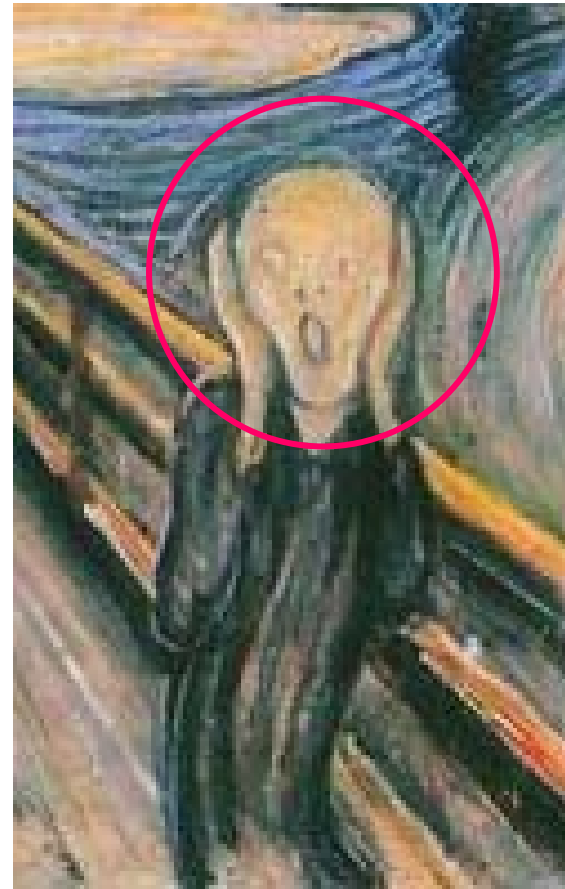




# Estimulación Simpática



**¡Pánico!!**



*El Grito (E. Munch)*

# Estimulación Simpática

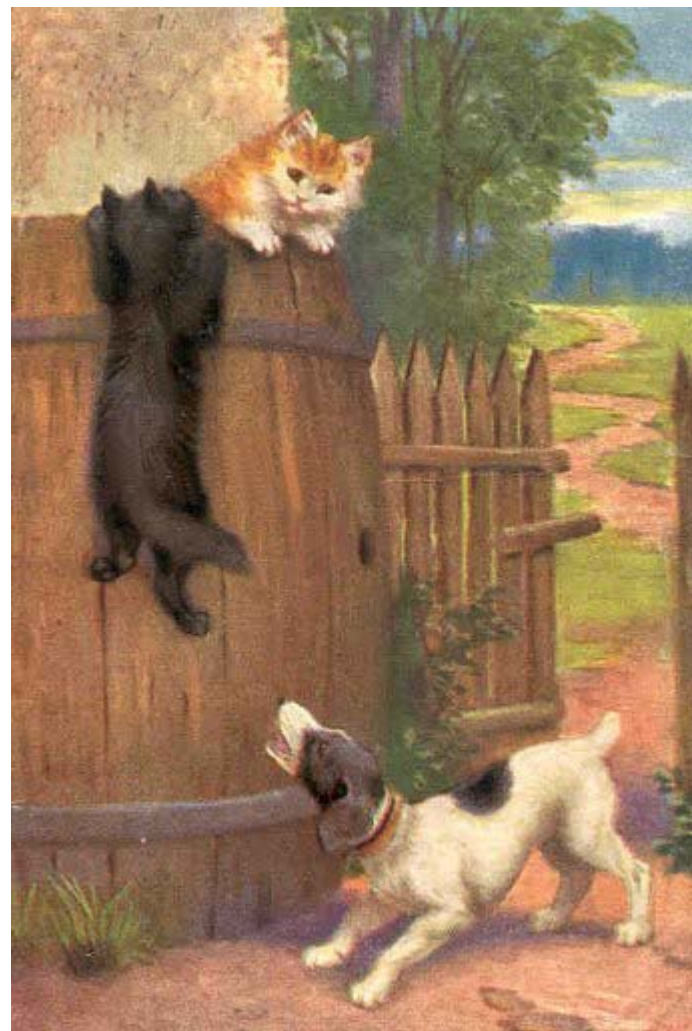
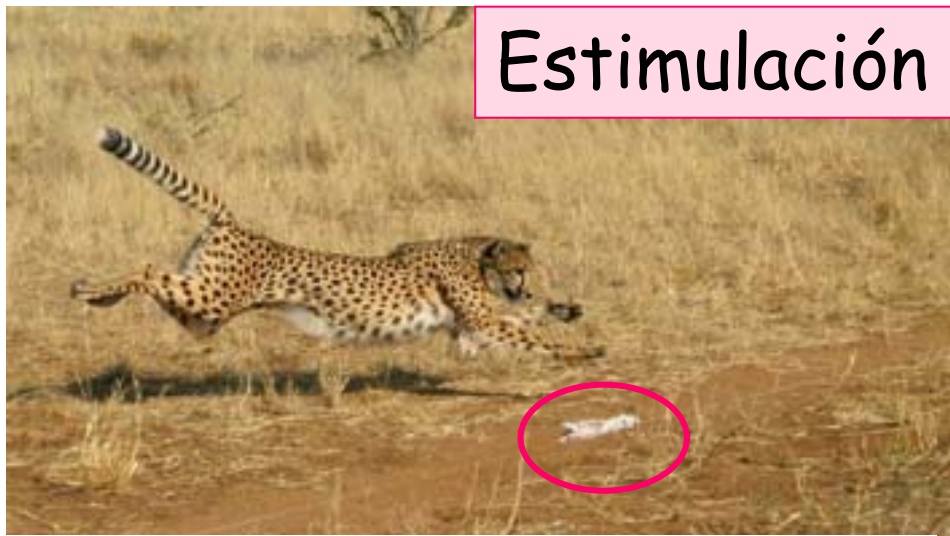
## IX Clínica autonómica



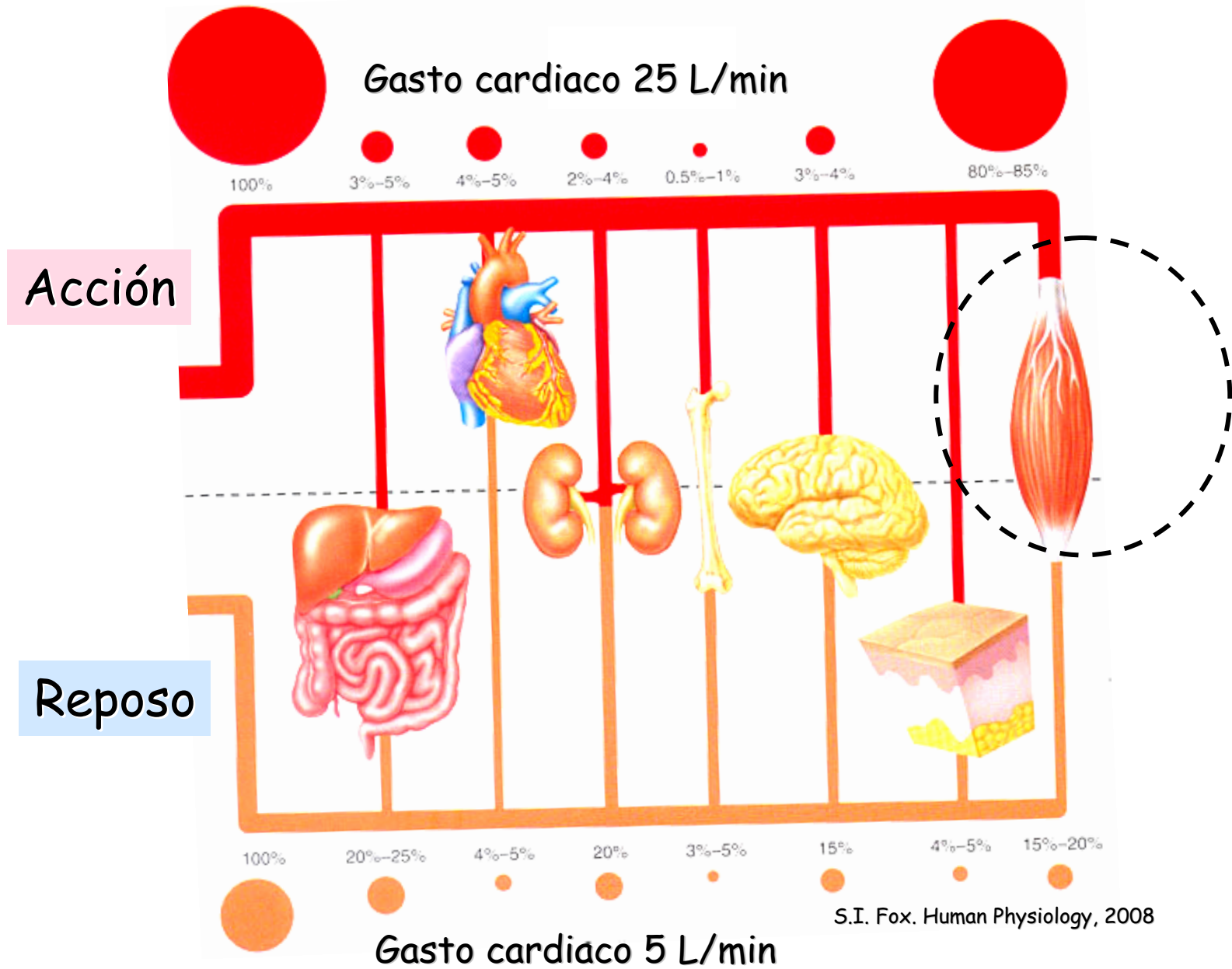
Pelea



# Estimulación Simpática



Huída



## IX. Clínica autonómica. Casos

1. Pelear o Correr  
Caso Margarita  
Caso Mateo
2. Síndrome de Horner  
Caso Freddy
3. Golpe de Calor  
Caso Miguel
4. Tumores adrenales  
Casos

5. Asma.  
Caso Patty
6. Vejiga Neurogénica  
Caso Roberto
7. Disfunción eréctil  
Caso Gilberto

## 1. Reacción "Pelear o Correr"

Caso Margarita, miedo real  
Caso Mateo, ansiedad



## 1. Reacción "Pelear o Correr"

Respuesta fisiológica de preparación para la acción

### Fase 1

Activación cascada simpática

### Fase 2

Liberación masiva de neurotransmisores

### Fase 3

Efectos de neurotransmisores locales y circulantes en:

Músculo	Pulmones	Pupila	Gl. sudoríparas
Hígado	Corazón	Piel	

# 1. Reacción "Pelear o Correr"



Caso Margarita, miedo real

A. Percepción TEMOR  
Corteza cerebral

B. Liberación de  
transmisores

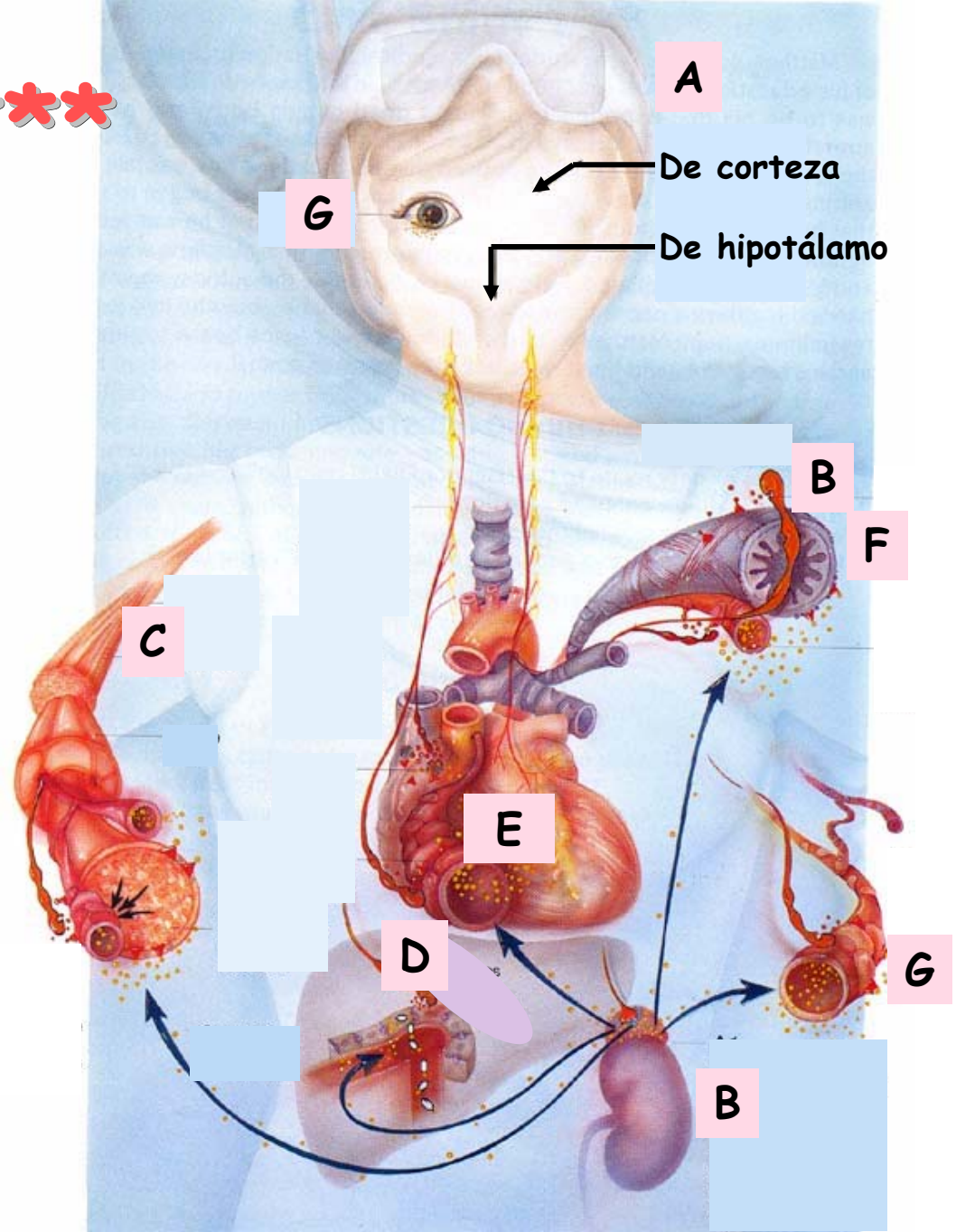
C. Cambios en  
actividad muscular

D. Cambios en  
actividad hepática

E. Cambios en  
actividad cardíaca

F. Cambios en  
pulmones

G. Otros cambios  
Pupila  
Vasos  
Piel





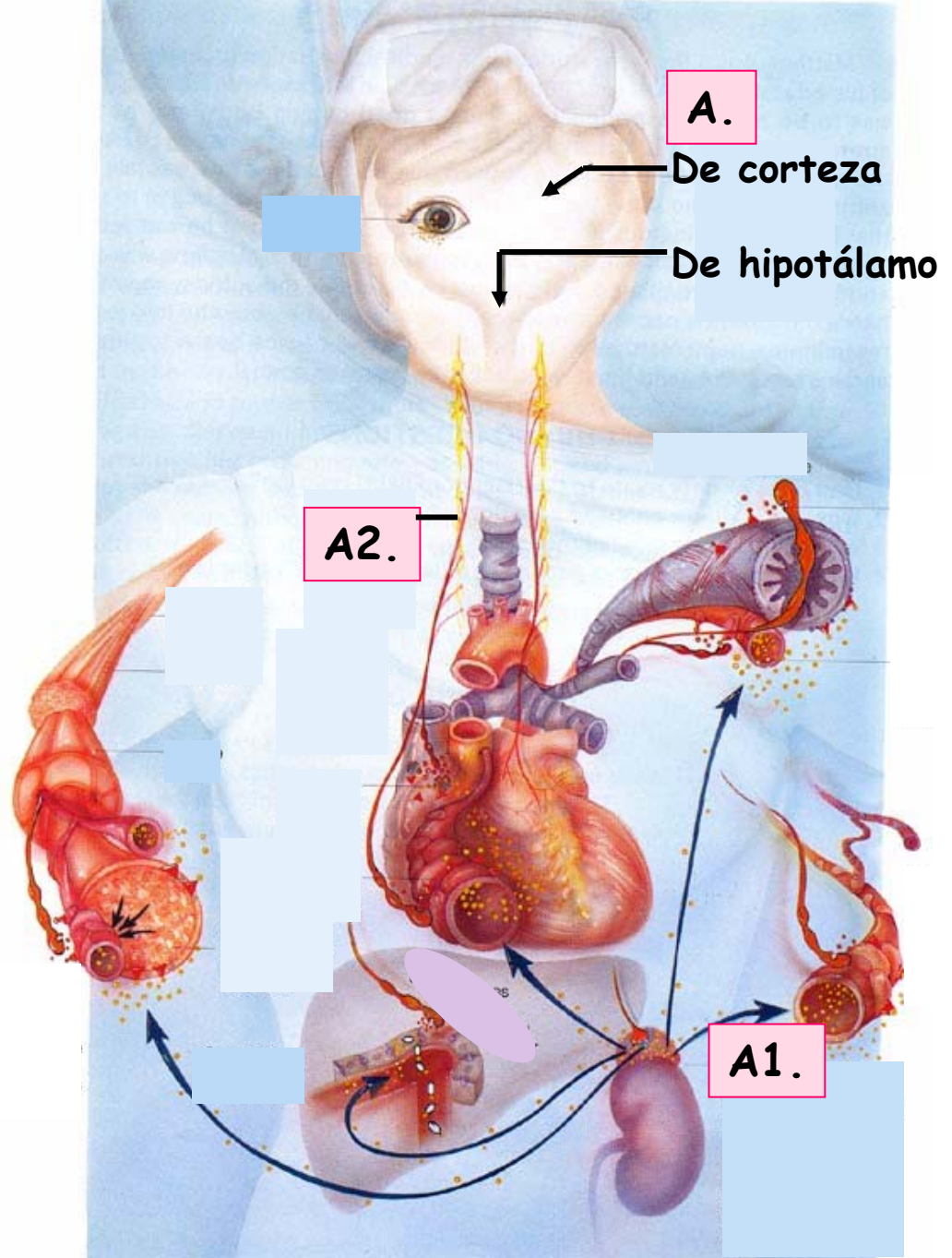
# 1. Reacción "Pelear o Correr"



## A. Percepción TEMOR Corteza cerebral

**A1.** Activación células  
cromafines  
médula adrenal

**A2.** Activación neuronas  
simpáticas postgangl.  
en todo el cuerpo



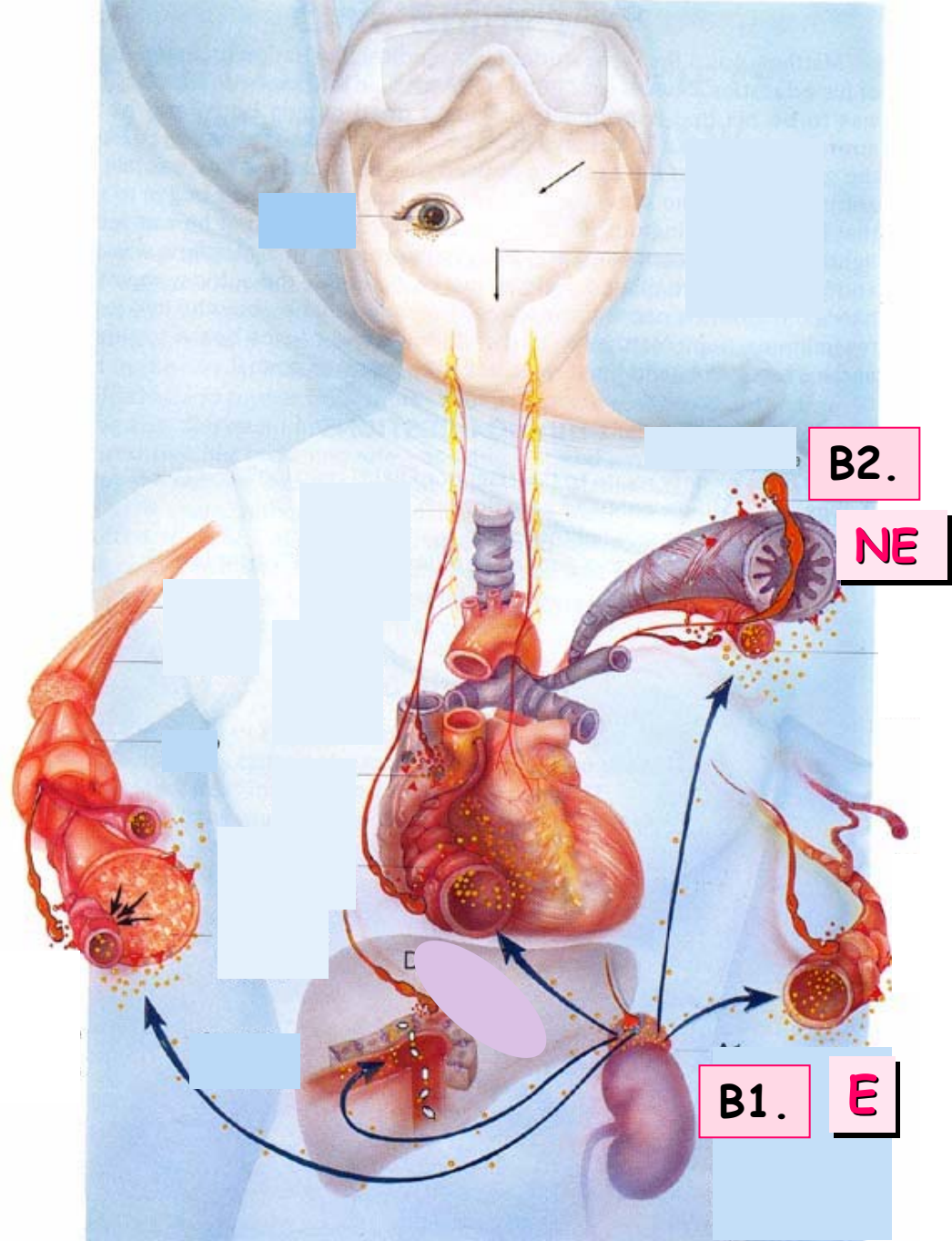
# 1. Reacción "Pelear o Correr"



## B. Liberación de transmisores

**B1.** Médula adrenal libera  
principalmente **E** a la  
sangre

**B2.** Terminales N. simpáticos  
postgangl. en todo  
el cuerpo liberan  
principalmente **NE** en  
espacios sinápticos



# 1. Reacción "Pelear o Correr"



## C. Cambios en actividad muscular

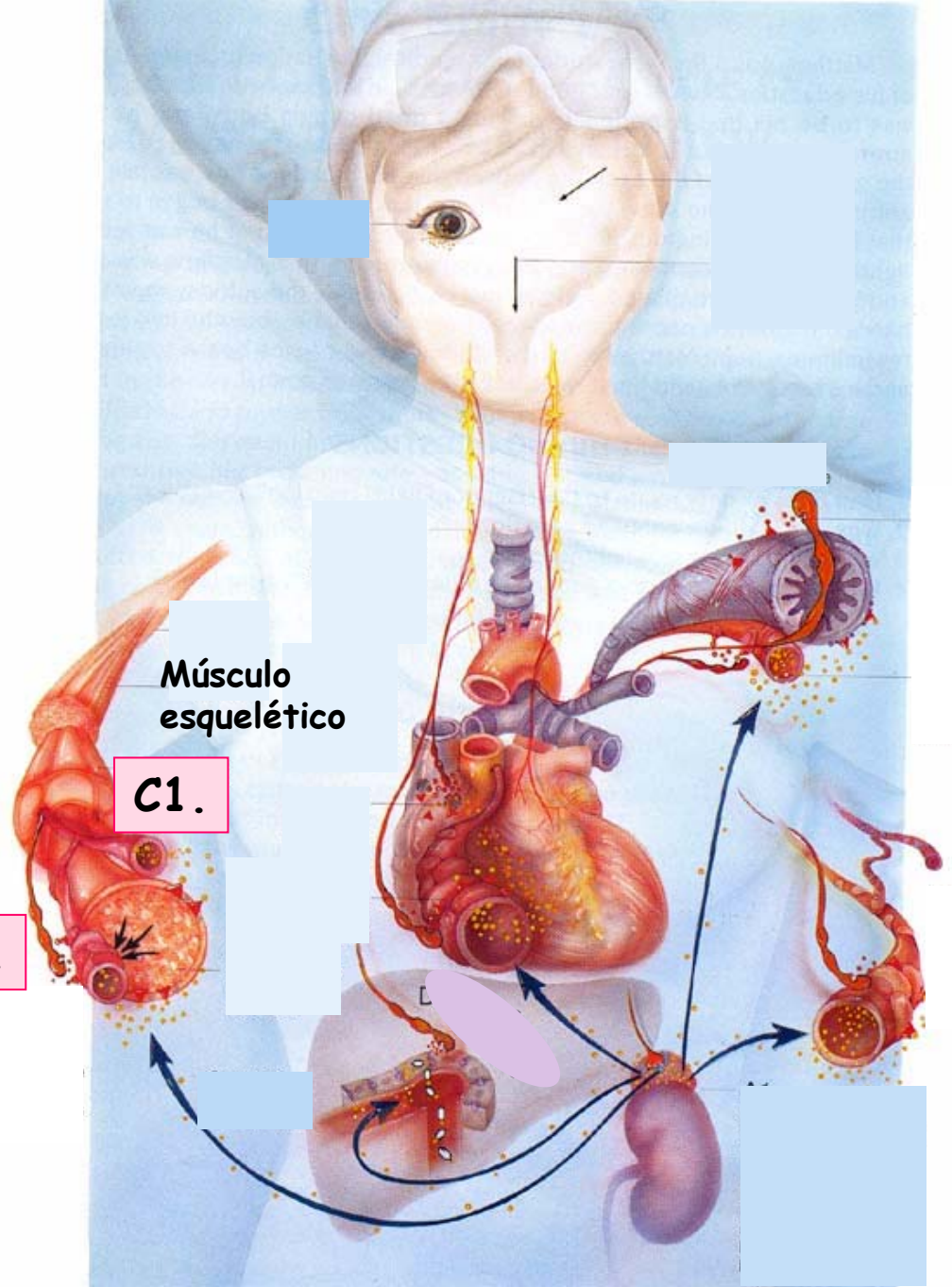
**C1.** Glucogenolisis produce  
glucosa en el músculo ( $\beta 2$ )

**C2.** Vasodilatación en  
músculo ( $\beta 2$ ) promueve  
entrega  $O_2$  y  
remoción  $CO_2$

**C2.**

**C1.**

Músculo  
esquelético



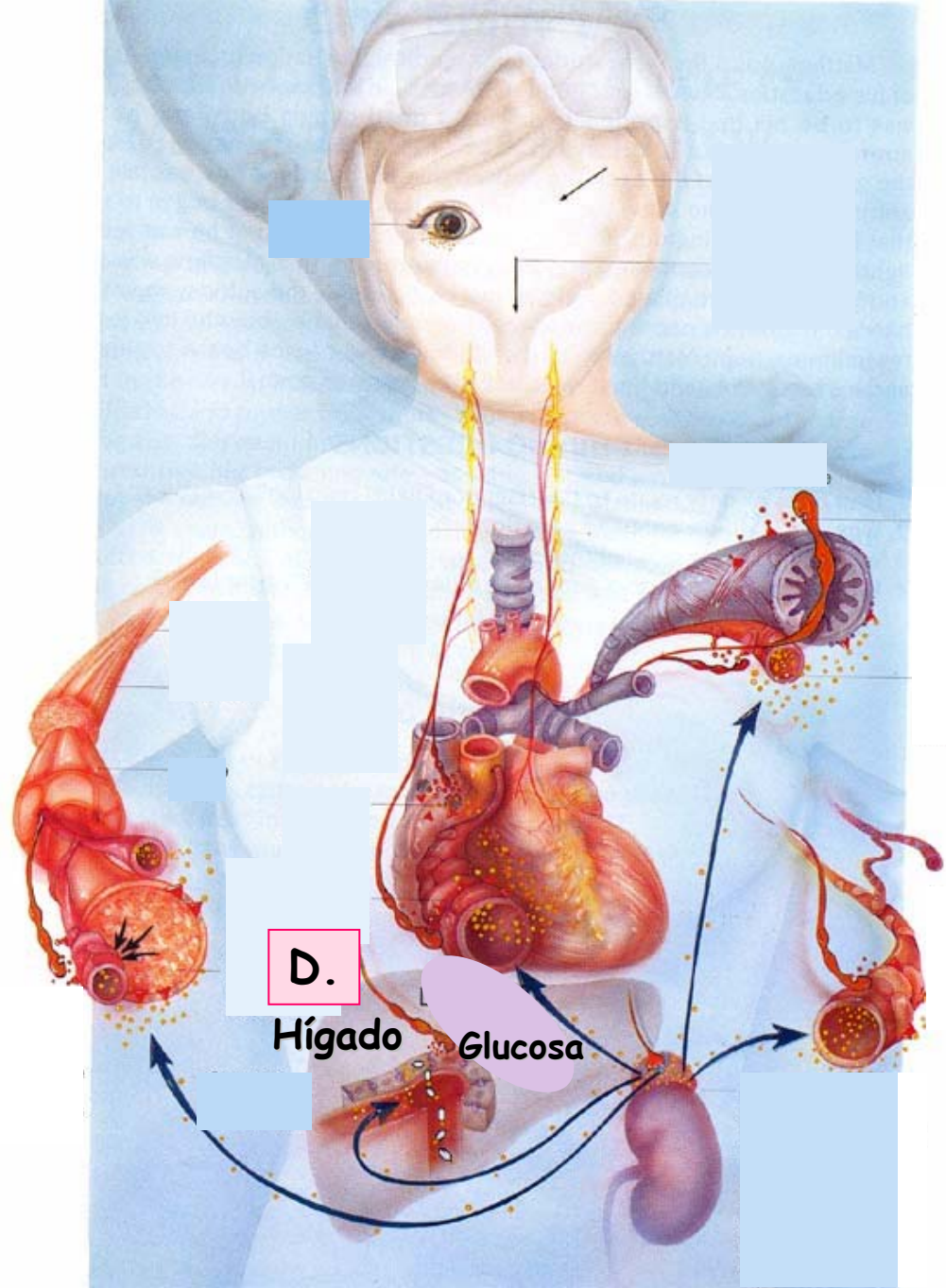
# 1. Reacción "Pelear o Correr"



## D. Cambios en actividad hepática

Hepatocitos envían  
glucosa a la sangre ( $\beta 2$ )  
para contracción muscular

Hiperglicemia por  
glucogenólisis y  
gluconeogénesis



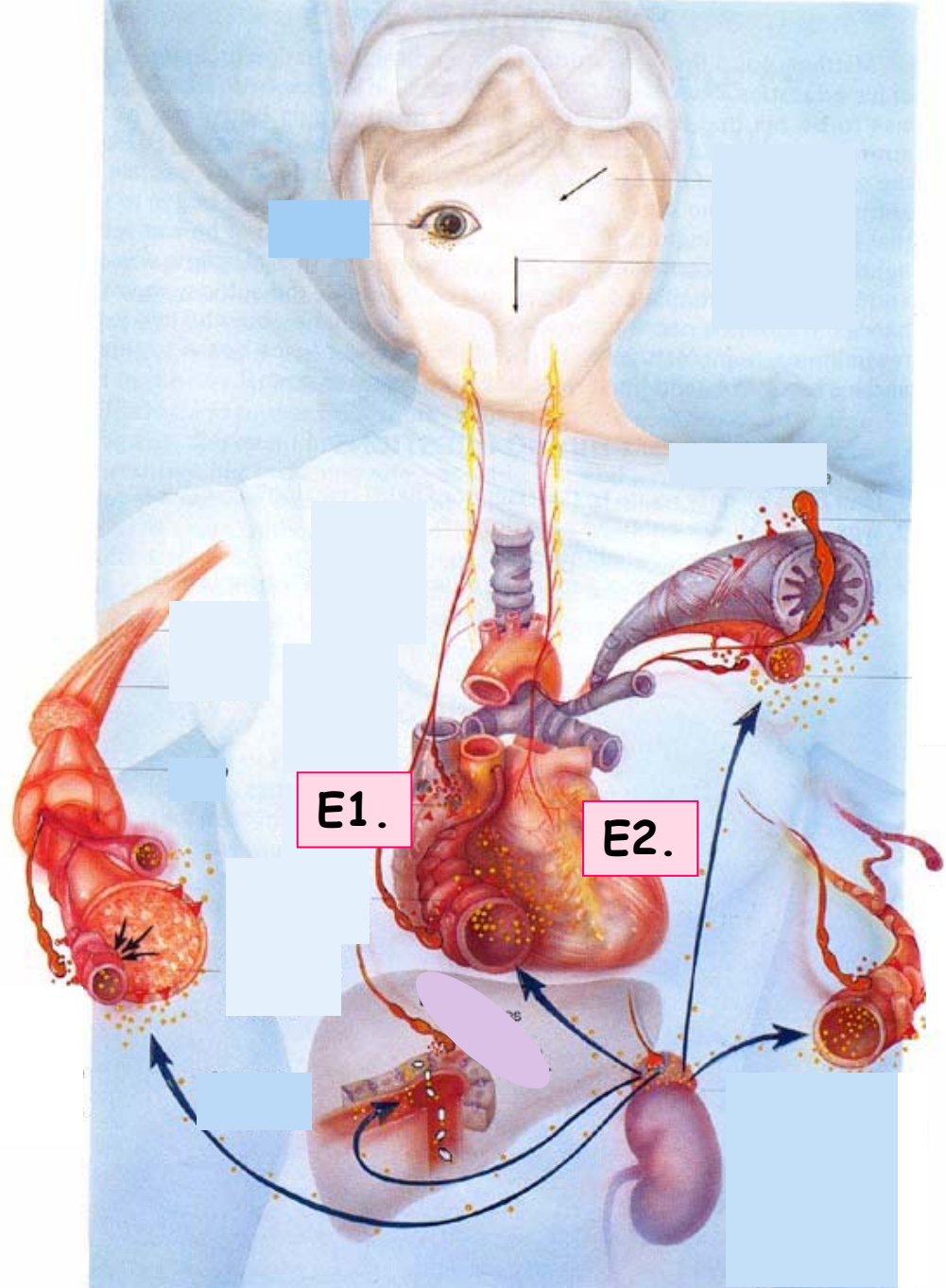
# 1. Reacción "Pelear o Correr"



## E. Cambios en actividad cardiaca

E1. Aumento de la FC,  
velocidad conducción y  
fuerza contracción ( $\beta 1$ )

E2. Dilatación vasos  
coronarios ( $\beta 2$ )



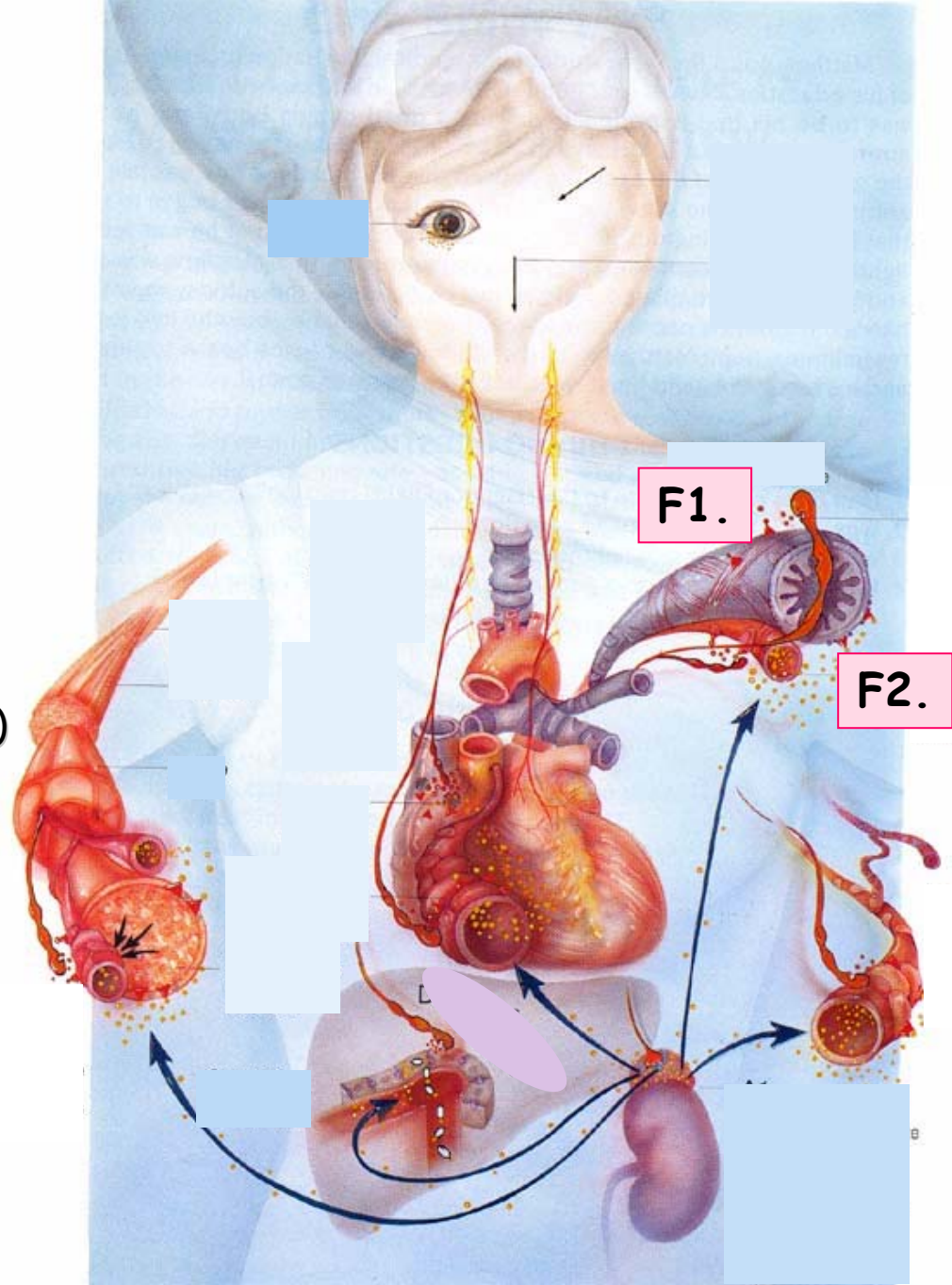
# 1. Reacción "Pelear o Correr"



## F. Cambios en pulmones

F1. Aumento de FR, volumen  
y dilatación bronquios ( $\beta_2$ )

F2. Dilatación vasos  
pulmonares ( $\beta_2$ )



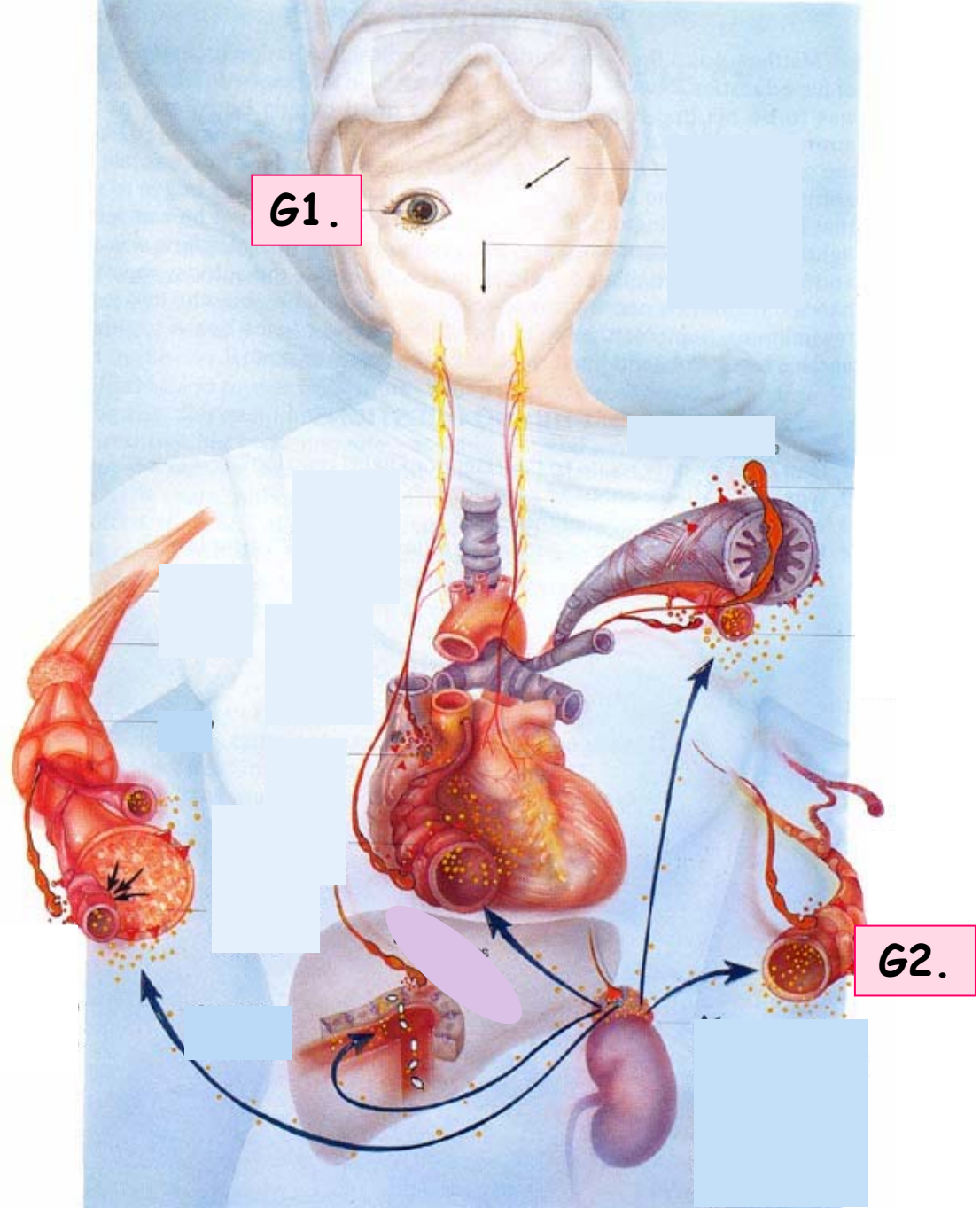
# 1. Reacción "Pelear o Correr"



## G. Otros Cambios

**G1.** Dilatación pupilas,  
piloerección ( $\alpha 1$ )

**G2.** Vasoconstricción en  
piel y vísceras ( $\alpha 1$ ),  
más sangre a músculos  
( $\beta 2$ )  
Sudación para disipar  
calor por actividad  
muscular (**M3**)



# 1. Reacción "Pelear o Correr"

## IX Clínica autonómica

Caso Mateo, ansiedad

- Temor anticipado
- Palpitaciones
- Sudación
- Náusea
- Mareo
- Piel húmeda, fría
- Palidez
- Pupilas dilatadas
- Respiración acelerada

"sudor  
frío"



Hiperventilación  
Disminución  $CO_2$  en sangre  
Disminución  $CO_2$  en cerebro  
Vasoconstricción cerebral  
Disminución  $O_2$  cerebral  
Sensación de mareo y náusea

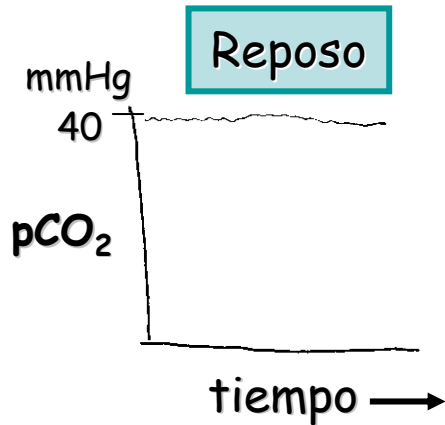
**Descarga simpática!**



# 1. Reacción "Pelear o Correr"

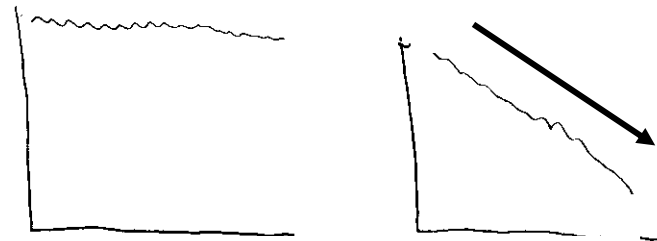
IX Clínica  
autonómica

Caso Mateo, ansiedad



Pulmones eliminan CO<sub>2</sub>

Ejercicio, ansiedad



Hiperventilación  
↓  
pCO<sub>2</sub>

Vasoconstricción  
↓  
Flujo sanguíneo  
cerebral

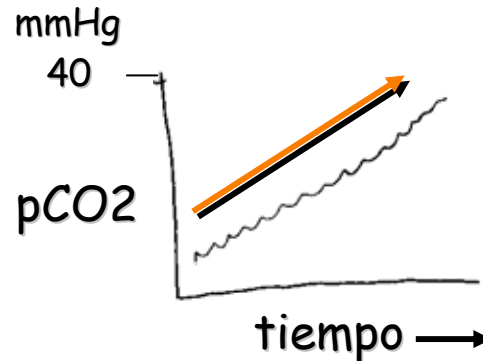
MAREO

# 1. Reacción "Pelear o Correr"

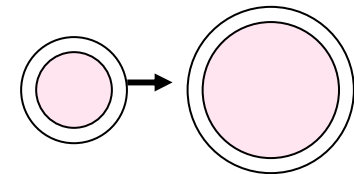
## IX Clínica autonómica

Caso Mateo, ansiedad

Respiración  
en bolsa papel



Respirar aire espirado  
Aumenta  $CO_2$   
en sangre



Vasodilatación  
cerebral

Desaparece  
mareo

# 1. Reacción "Pelear o Correr"

IX Clínica  
autonómica

Caso Mateo, ansiedad

Respiración en  
bolsa papel

Respirar propio aire espirado  
rico en  $CO_2$   
Aumento  $CO_2$  en sangre  
Aumento  $CO_2$  en cerebro  
**Vasodilatación** cerebral  
Aumento  $O_2$  cerebral

Desaparecen síntomas  
náusea y mareo

## 2. Síndrome Claude Bernard-Horner

Parálisis oculosimpática

Caso Freddy

## 2. Síndrome C. Bernard-Horner

## IX Clínica autonómica

Caso Freddy

Lado afectado

Lado sano

Ptosis palpebral

Miosis

Anhidrosis

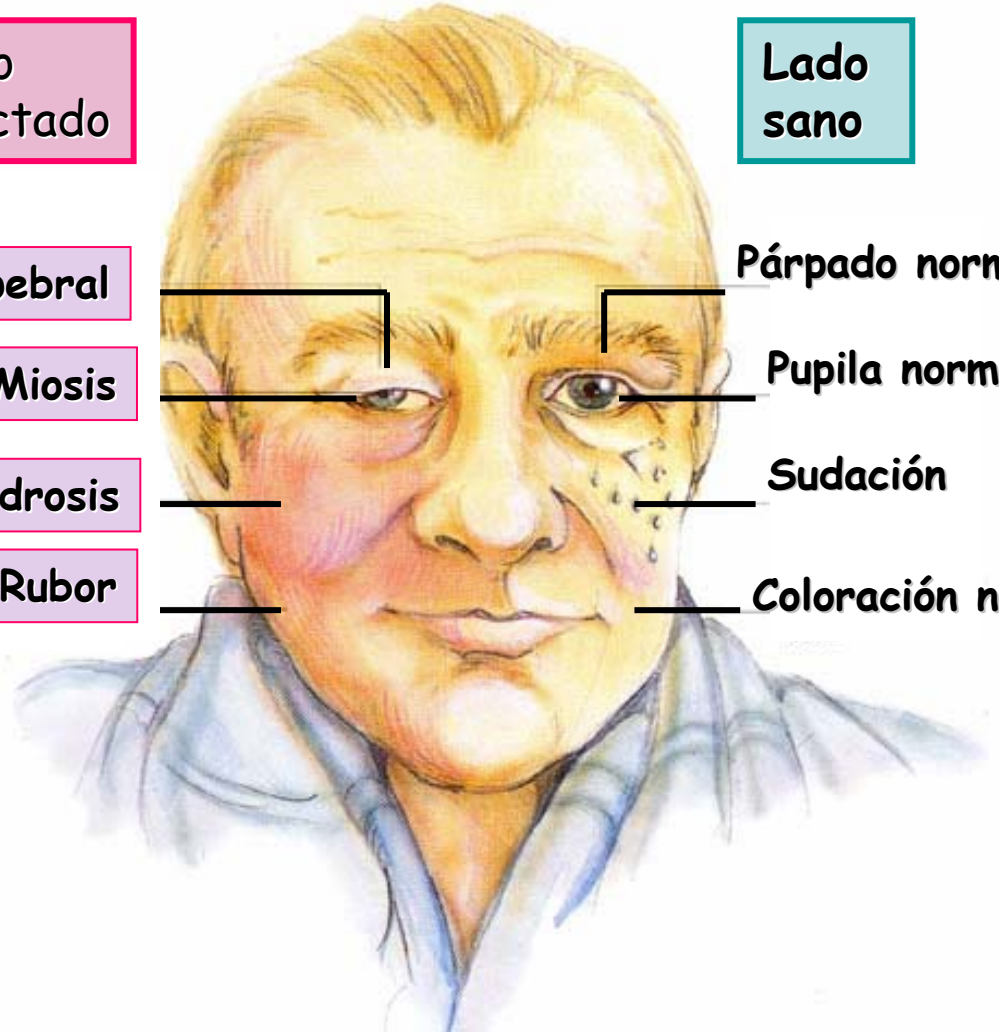
Rubor

Párpado normal

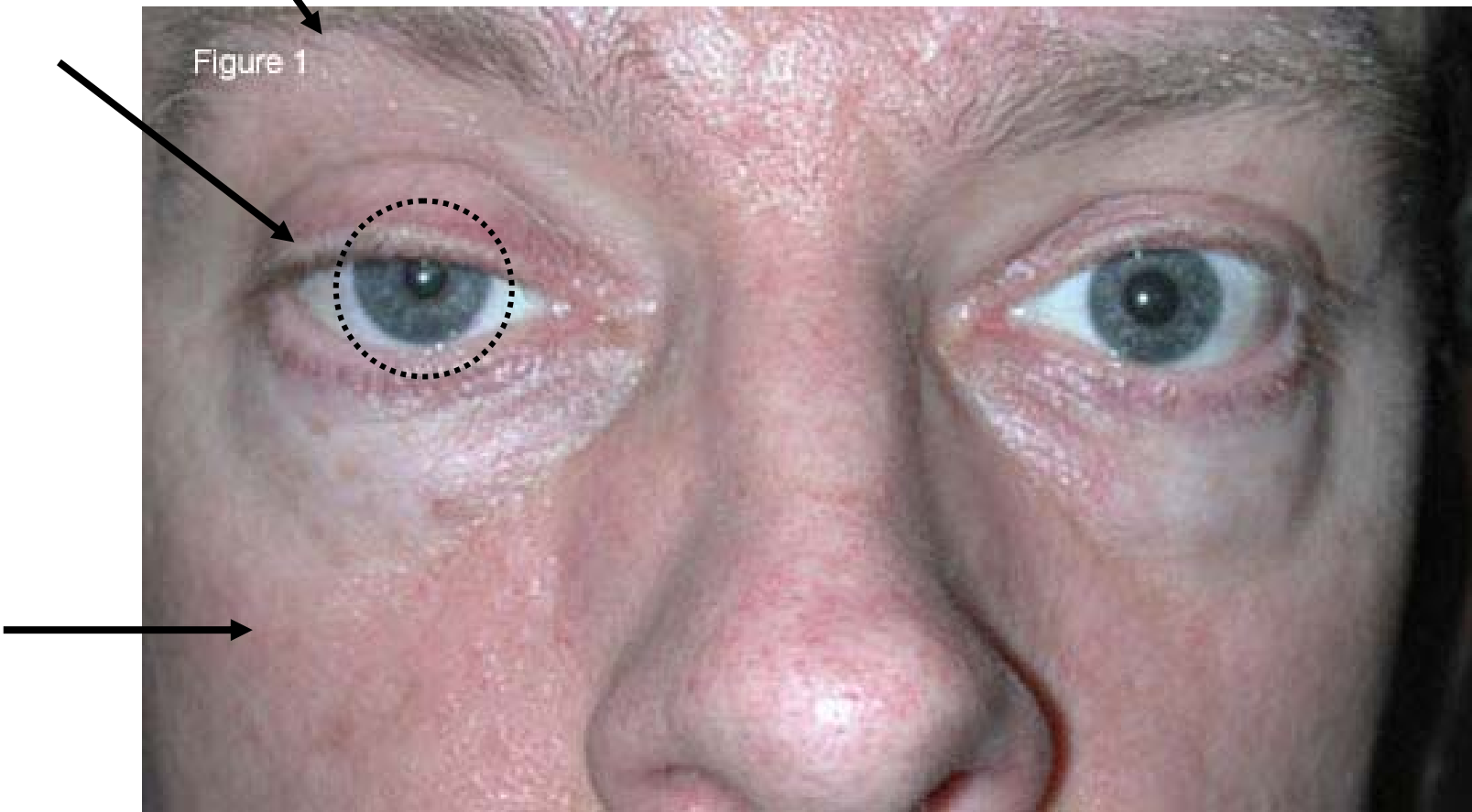
Pupila normal

Sudación

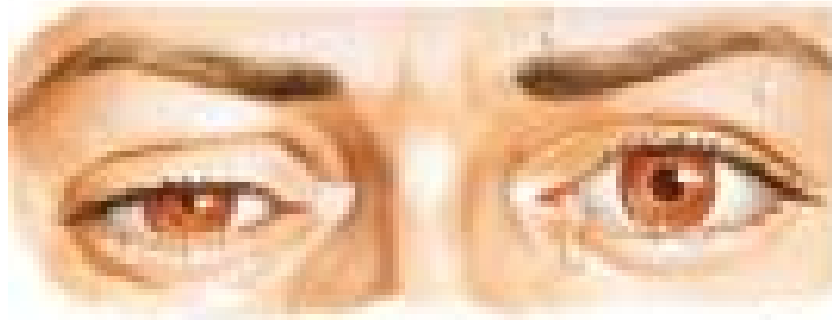
Coloración normal pie



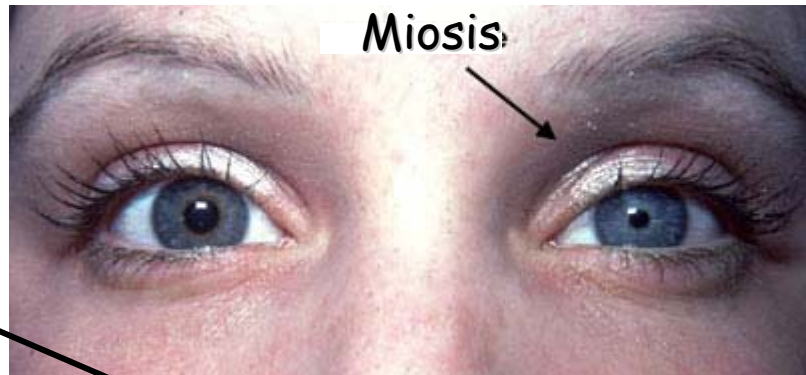
2. Síndrome C.  
Bernard-Horner



## 2. Síndrome de Horner



- Ptosis palpebral
- Miosis
- No sudación
- Heterocromia iris (niños)



## 2. Síndrome C. Bernard-Horner

## IX Clínica autonómica



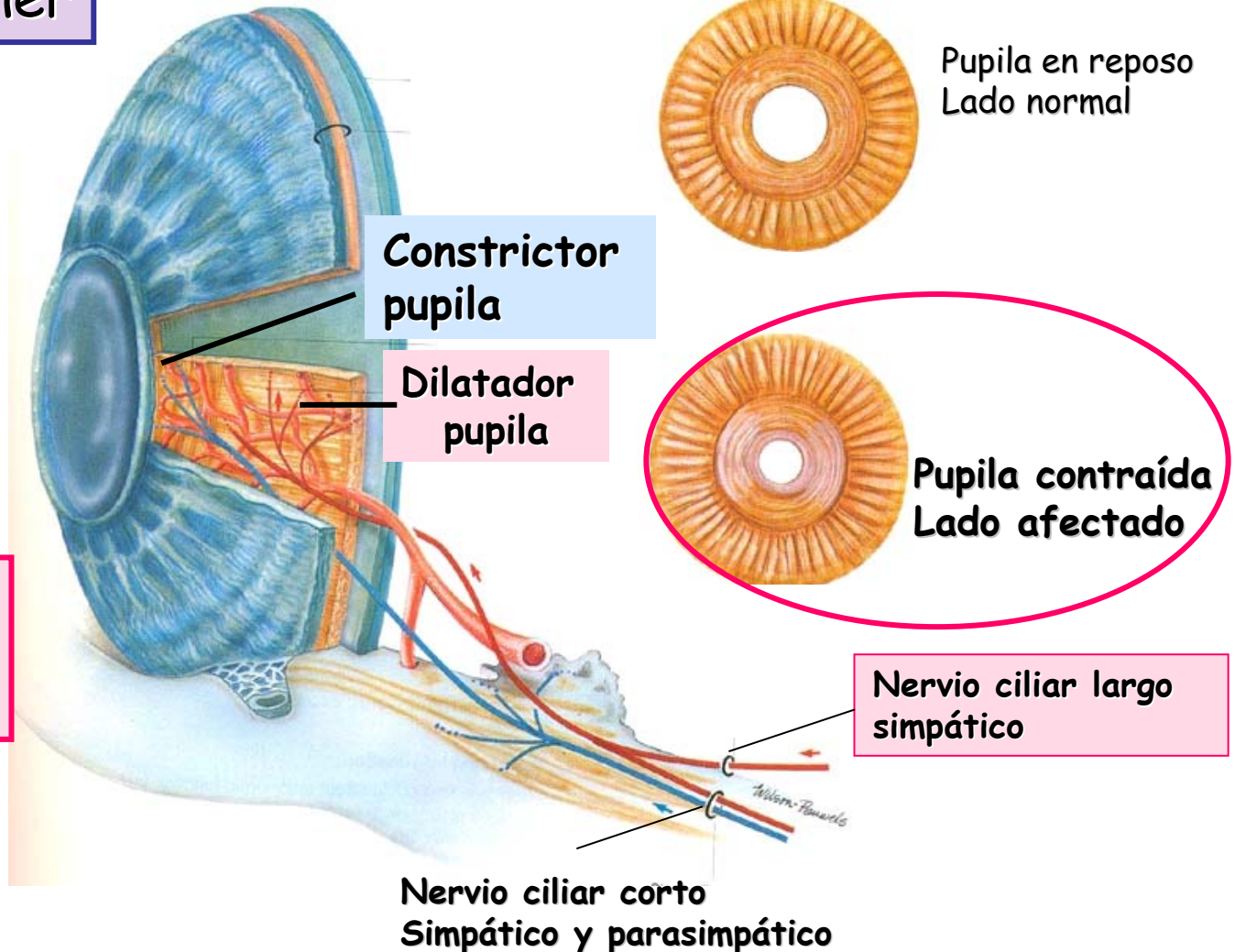
Ptosis palpebral leve  
Hipocromia iris izq  
Miosis izq

Anhidrosis izq



## 2. Síndrome de Horner

## IX Clínica autonómica



Pupila en reposo  
Lado normal

Constrictor  
pupila

Dilatador  
pupila

Pupila contraída  
Lado afectado

Nervio ciliar largo  
simpático

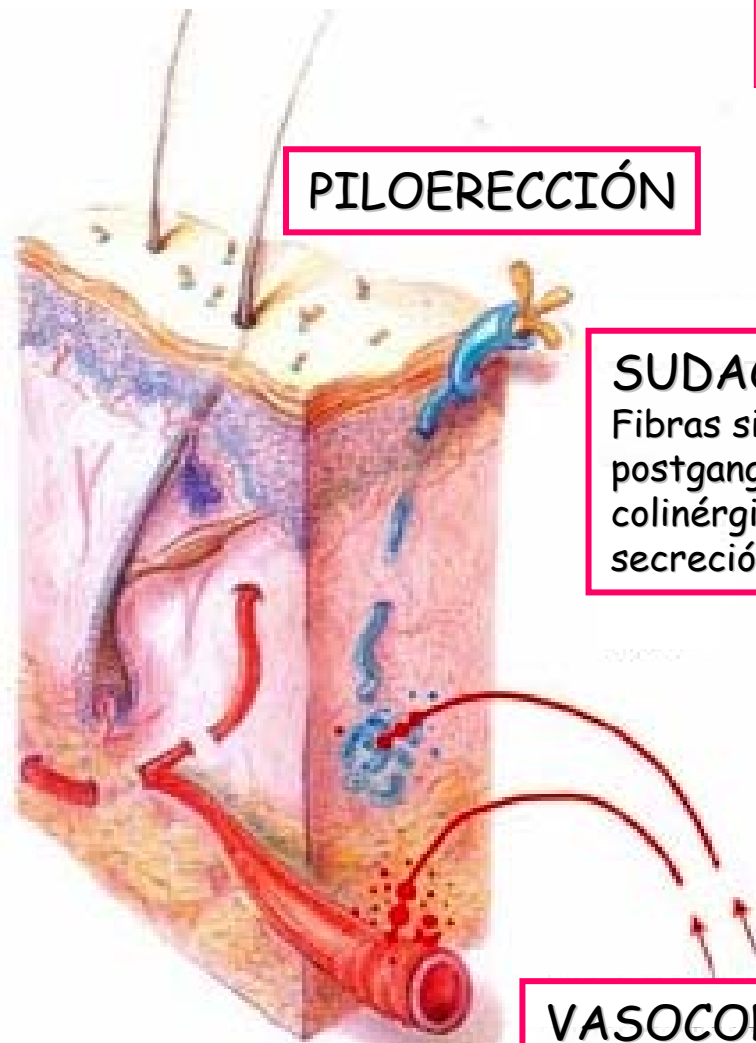
Nervio ciliar corto  
Simpático y parasimpático

Simpático  
N. Ciliar largo  
Dilatador pupila

## 2. Síndrome de Horner

Estimulación Simpática

Lado sano



PILOERRECCIÓN

SUDACIÓN

Fibras simpáticas postganglionares colinérgicas estimulan secreción sudor

VASOCONSTRICCIÓN

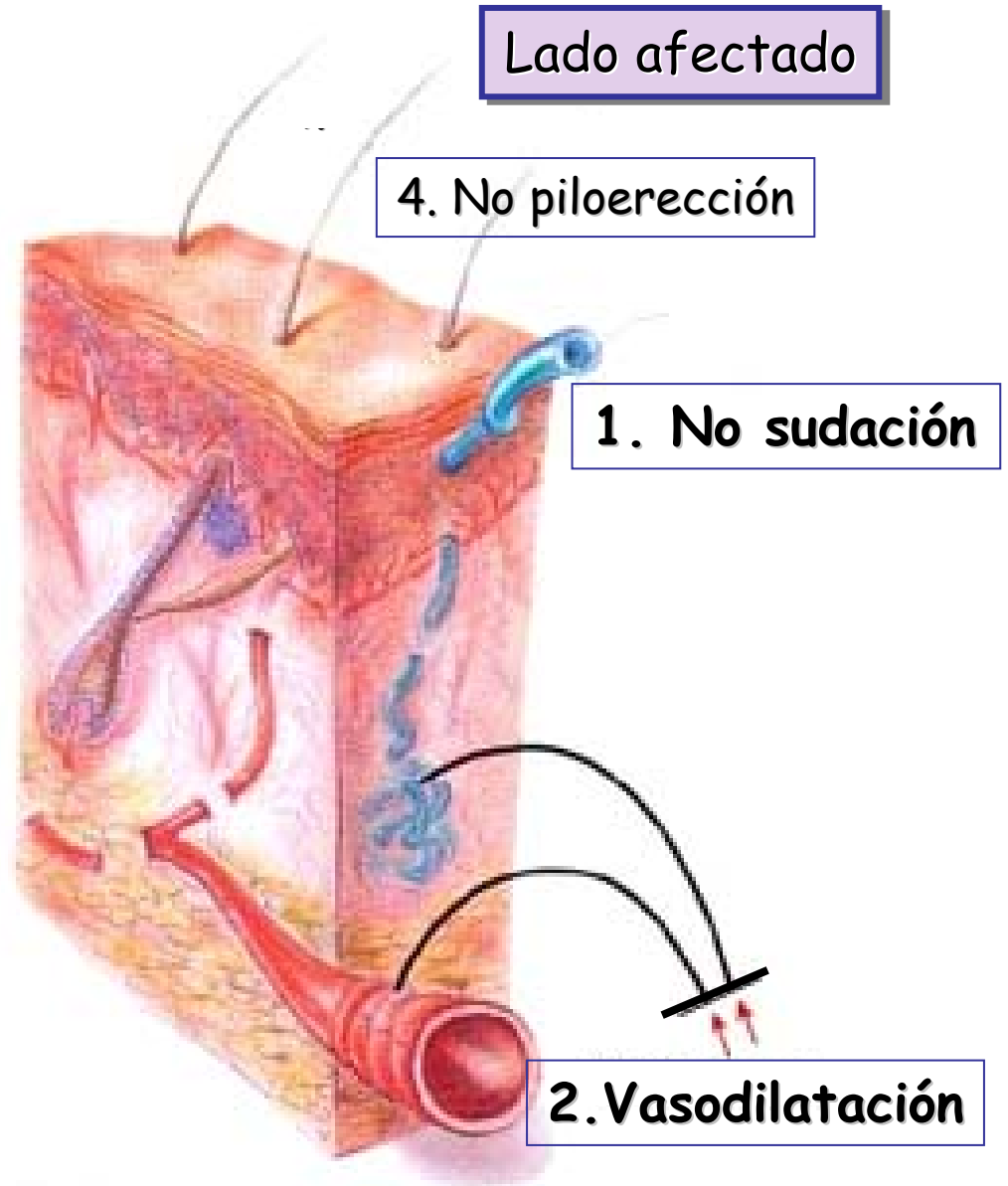
Fibras simpáticas postganglionares adrenérgicas contraen mus liso vascular

## 2. Síndrome de Horner \*

3. Piel caliente y rubicunda

**No respuesta a estimulación simpática:**

1. No hay sudación
2. No hay vasoconstricción
3. Piel caliente y rubicunda
4. No hay piloerección



## 2. Síndrome de Horner

¿Dónde está la lesión en Freddy?

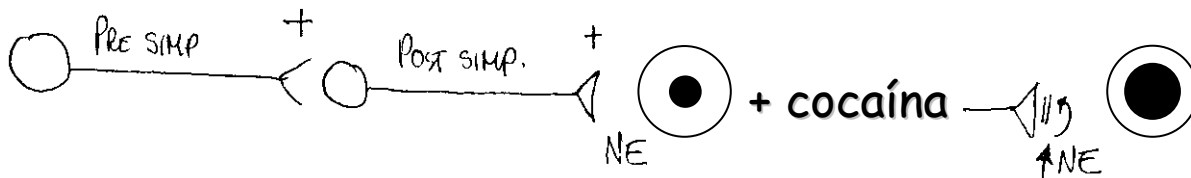
## 2. Síndrome de Horner



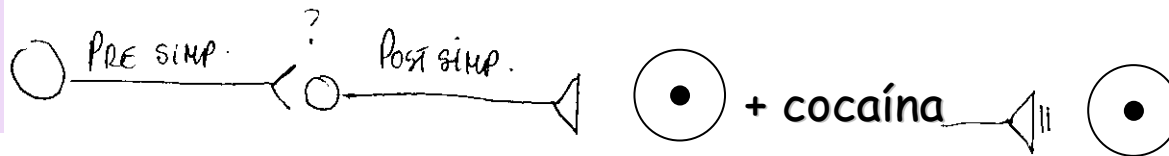
Lado afectado



Pupila normal



Pupila Horner



No hay respuesta a cocaína

## 2. Síndrome de Horner



NO respuesta a la COCAÍNA en la pupila de Horner significa que:

el axón simpático POSTGANGLIONAR,

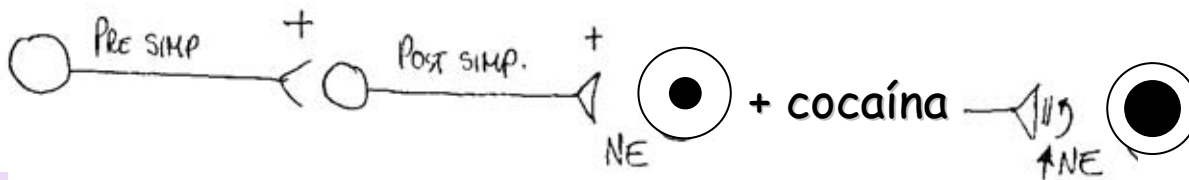
1. está dañado, no libera NE o
2. no está siendo estimulado por el axón simpático PREGANGLIONAR

## 2. Síndrome de Horner

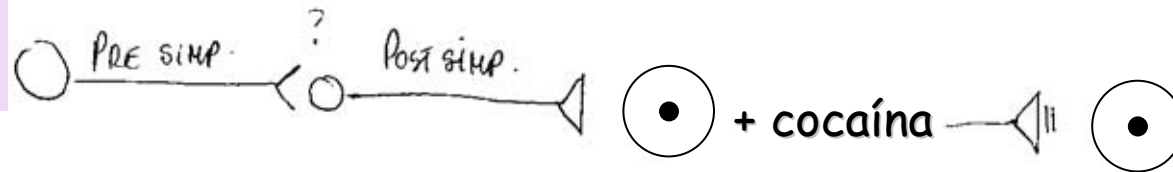
Lado afectado



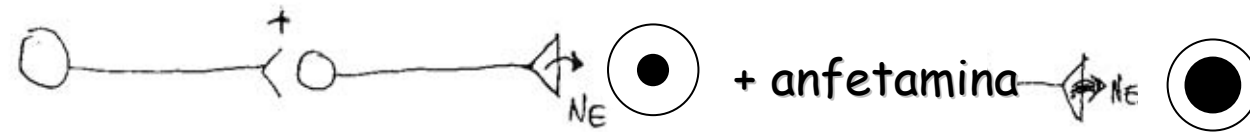
Pupila normal



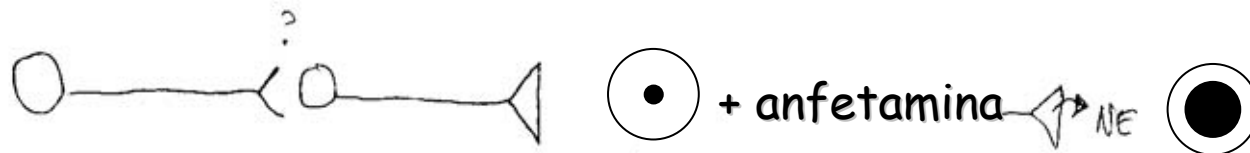
Pupila Horner



Pupila normal



Pupila Horner



Hay respuesta a anfetamina

## 2. Síndrome de Horner



Respuesta a la ANFETAMINA en la pupila de Horner significa que,  
el axón simpático POSTGANGLIONAR está INTACTO

La lesión está en algún lugar antes de la Neurona POSTGANGLIONAR:

- SNC o
- A lo largo de N. Preganglionar



## 2. Síndrome de Horner

Predomina  
Parasimpático  
MIOSIS

Vía autonómica a Cadena Simpática  
Cervical y dilatador de la pupila

N. Ciliares largos

Esfínter del iris

N. Ciliares cortos

Ganglio ciliar

G. cervical inferior  
G. estrellado

N. Edinger Westphal

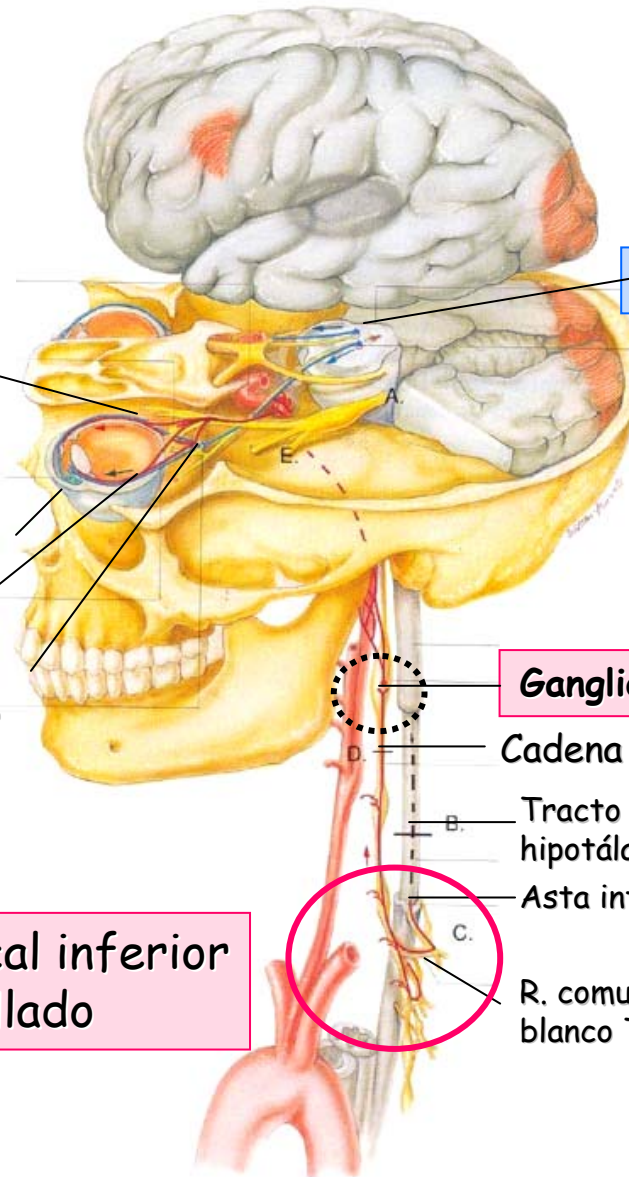
Ganglio cervical sup

Cadena simpática

Tracto descendente  
hipotálamo

Asta intermedio lat. Med esp.

R. comunicante  
blanco T1



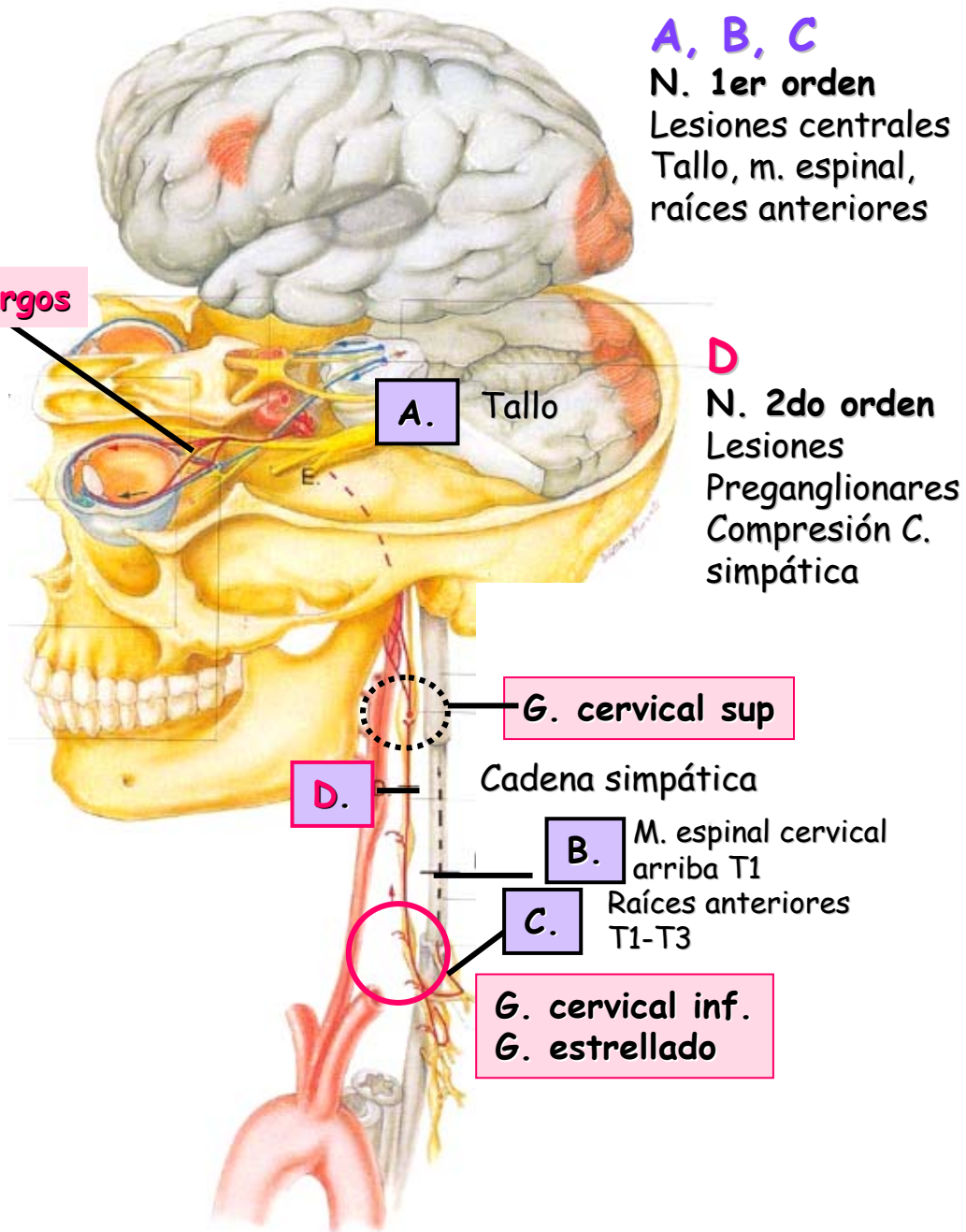
## 2. Síndrome de Horner

Disfunción Autonómica  
Simpática  
Lesiones niveles A-E

### Sitios Preganglionares

- A. En el tallo donde los axones descienden del hipotálamo y donde los centros autonómicos controlan actividad vasomotora
- B. En la médula espinal cervical arriba de T1
- C. En las raíces anteriores de N. espinales T1 a T3
- D. En cualquier sitio a lo largo de la Cadena Simpática Cervical

N. Ciliares largos



## 2. Síndrome de Horner

Disfunción Autonómica  
Simpática  
Lesiones A-E

N. Ciliares largos

Dilatador iris

E.

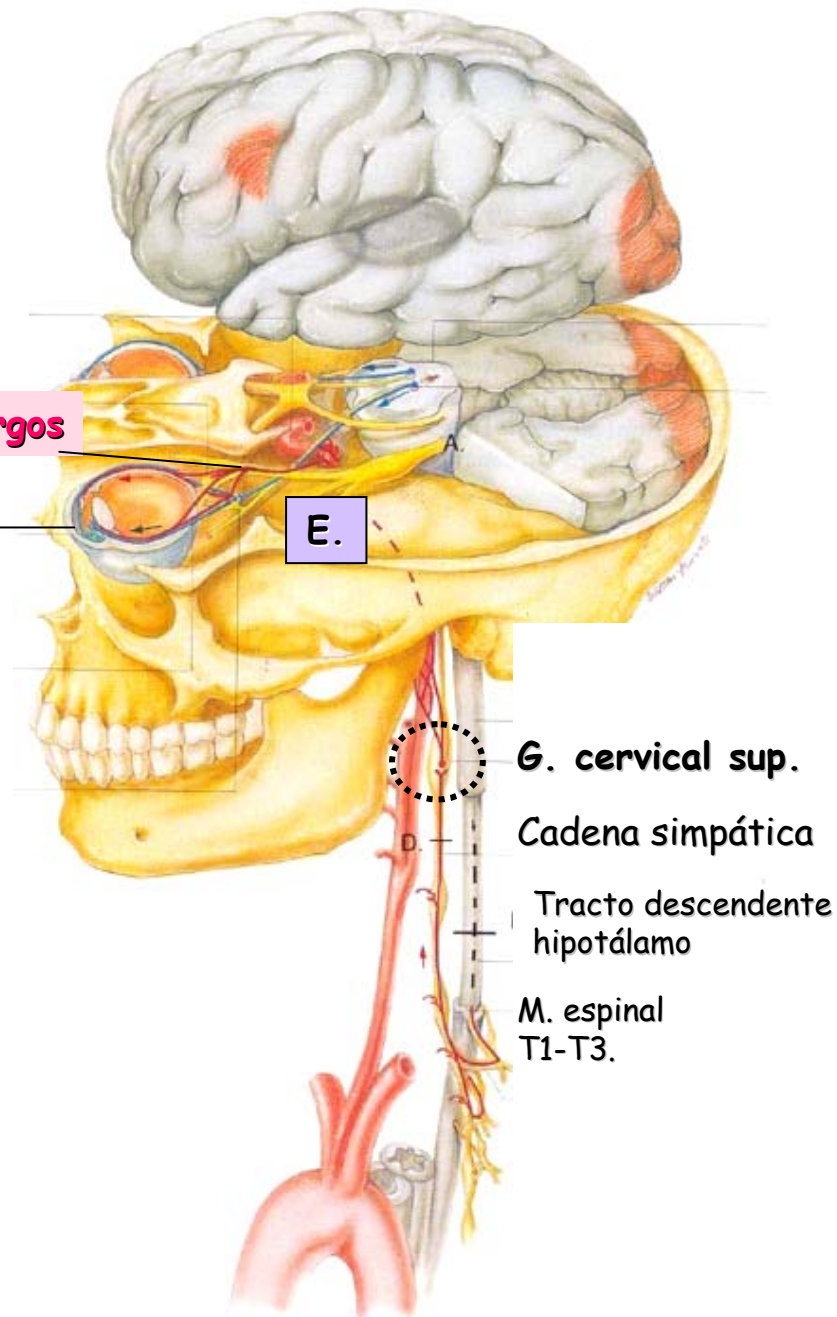
### Sitios postganglionares

E. En cualquier sitio a lo largo de los axones postganglionares

E

N. 3er orden

Lesiones postganglionares a nivel carótida interna tumores seno cavernoso





## 2. Síndrome de Horner

Caso Freddy

Defecto de  
sudación en  
cara y brazo  
del mismo lado

¿Dónde está la lesión en Freddy?

**G. cervical sup.**

Inervación simpática cabeza y cuello

**G. cervical medio e inf.**

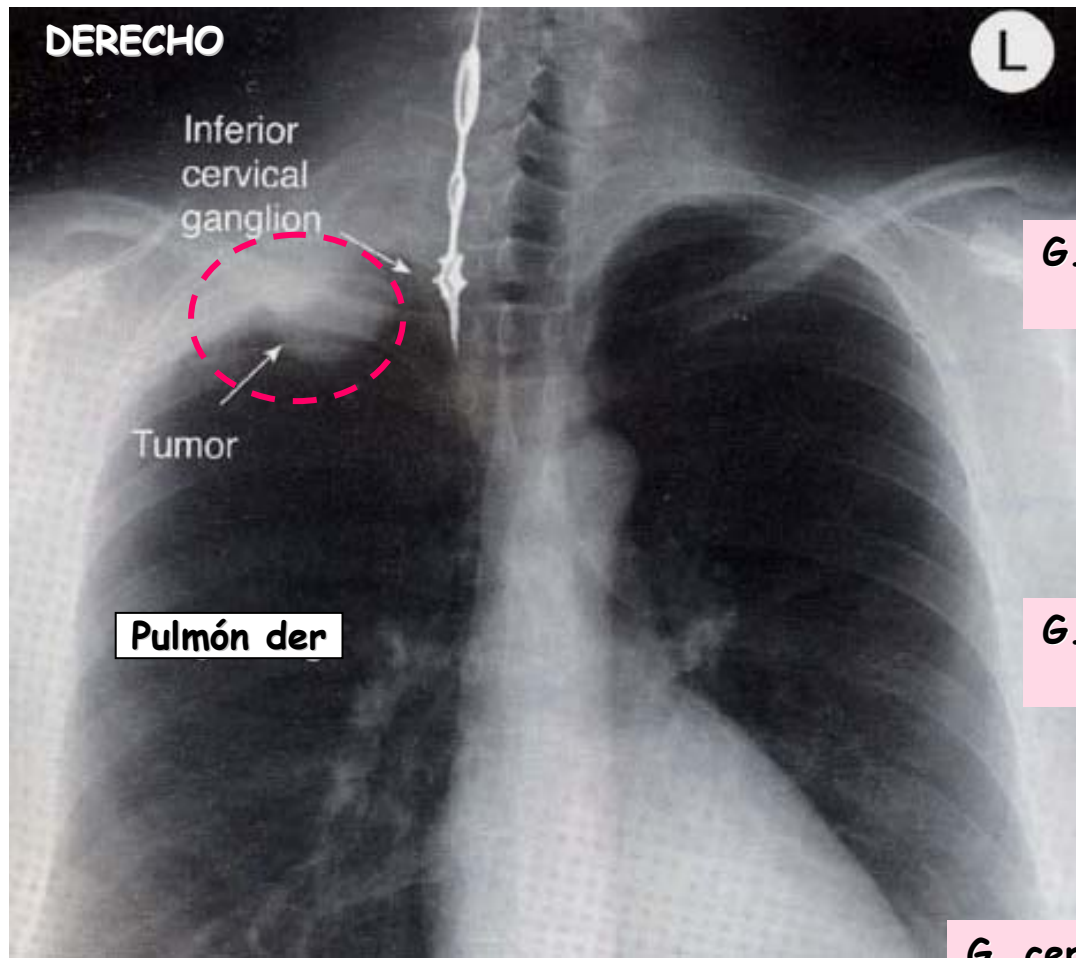
Inervación simpática miembro superior

**Lesiones raíces T1-T3** afectan  
inervación G. Cervicales y función  
autonómica de cara y brazo ipsilateral

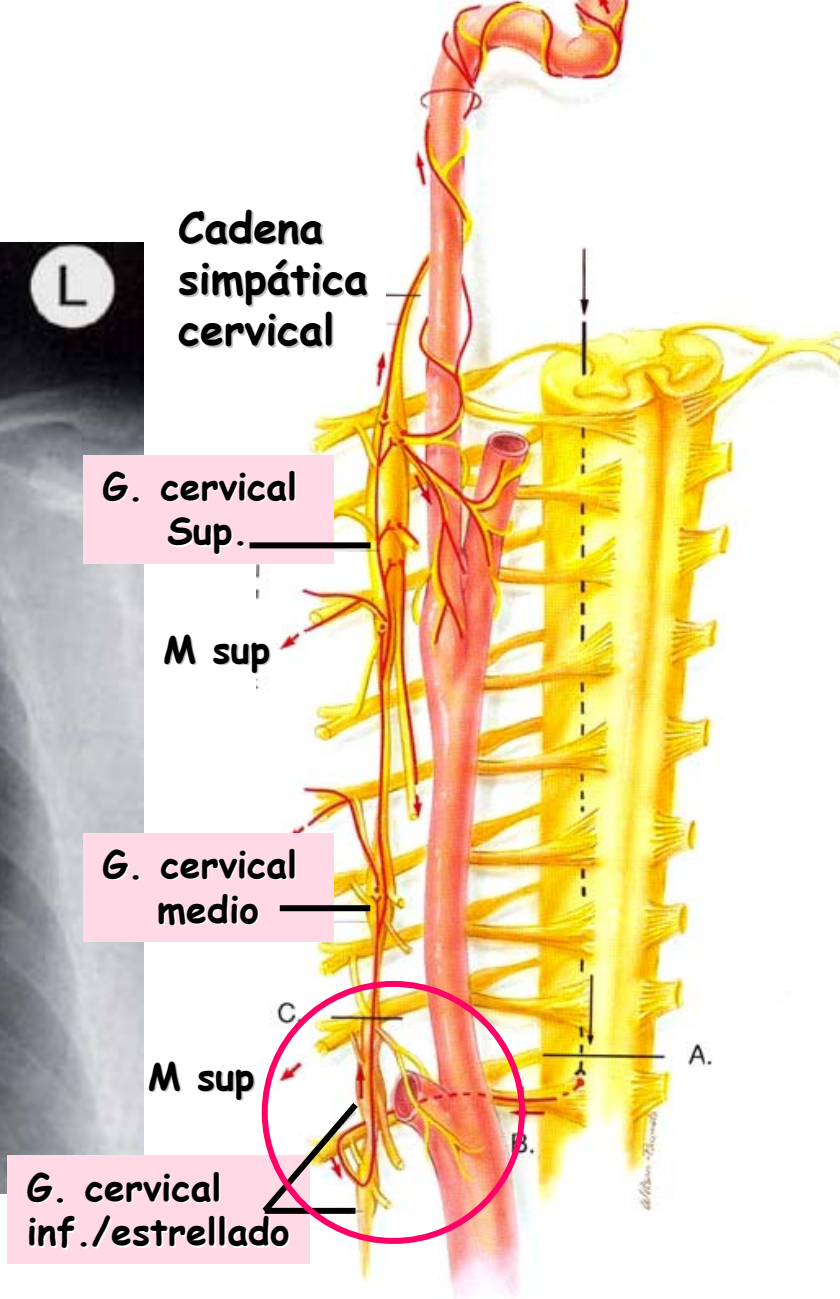
Rx tórax



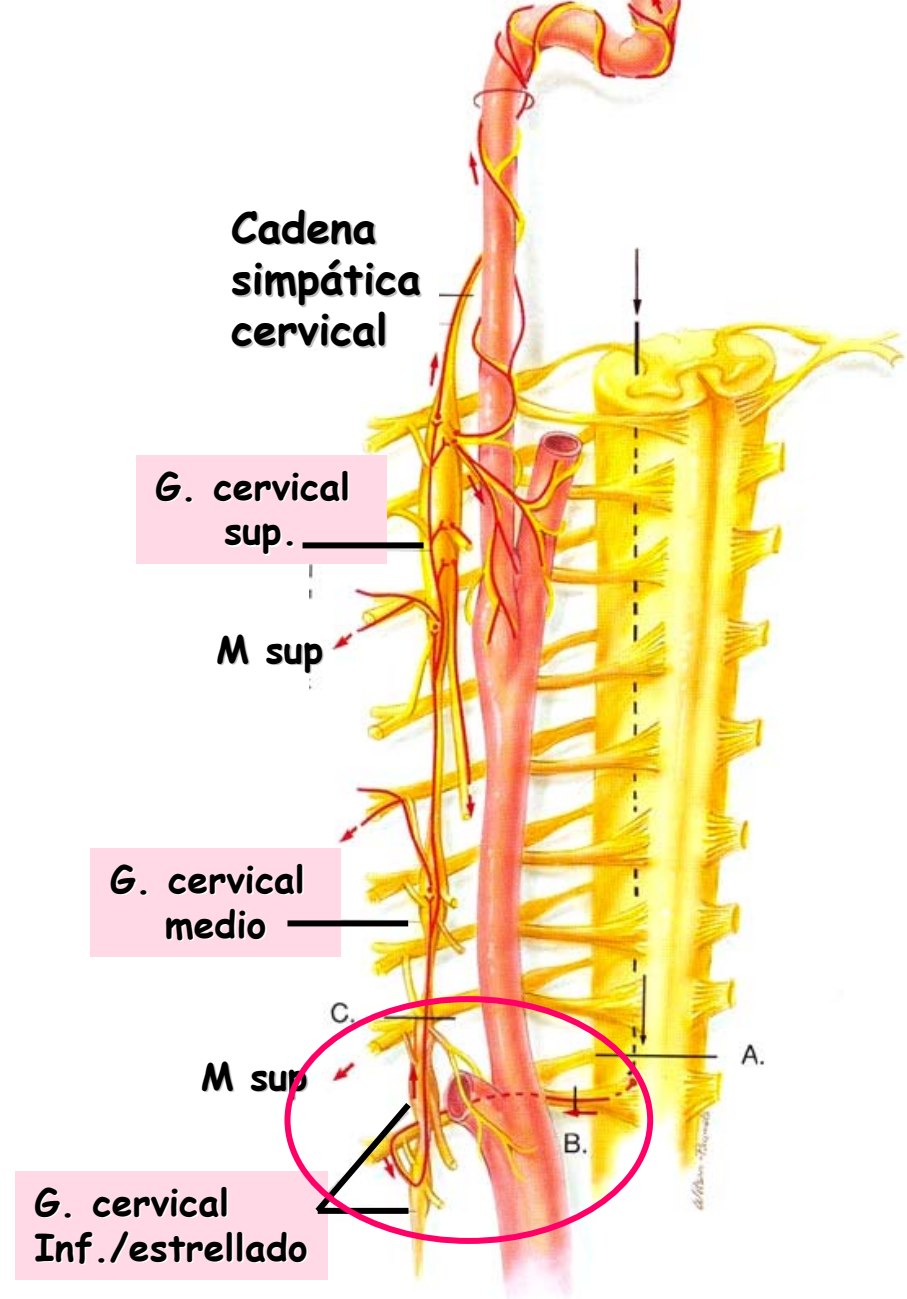
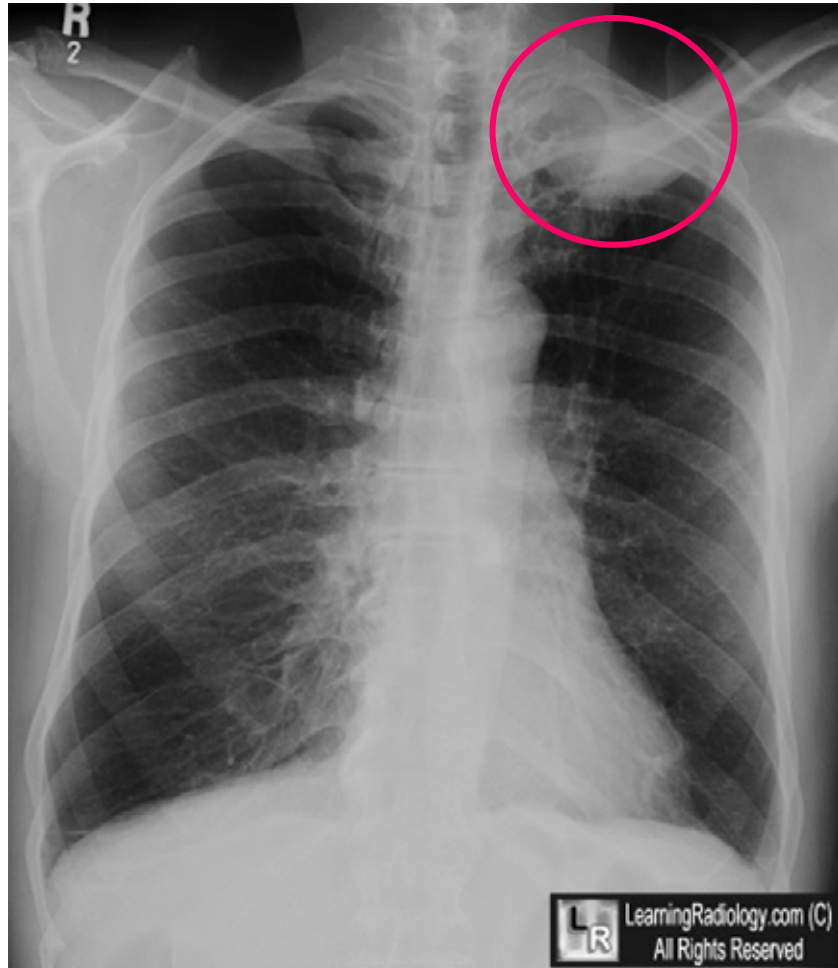
## 2. Síndrome de Horner



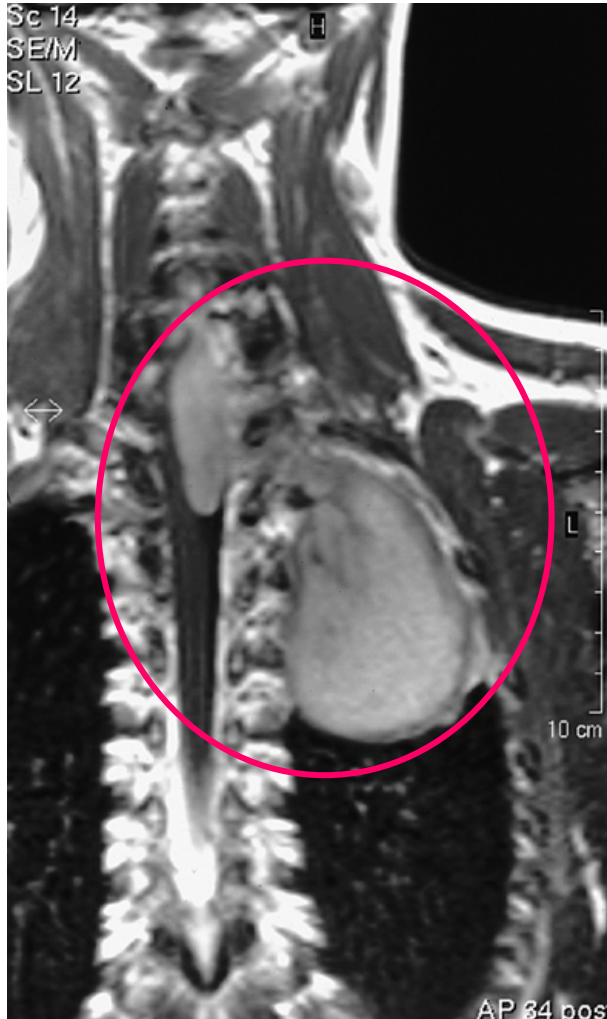
Tumor en apex pulmón derecho  
Tumor Pancoast



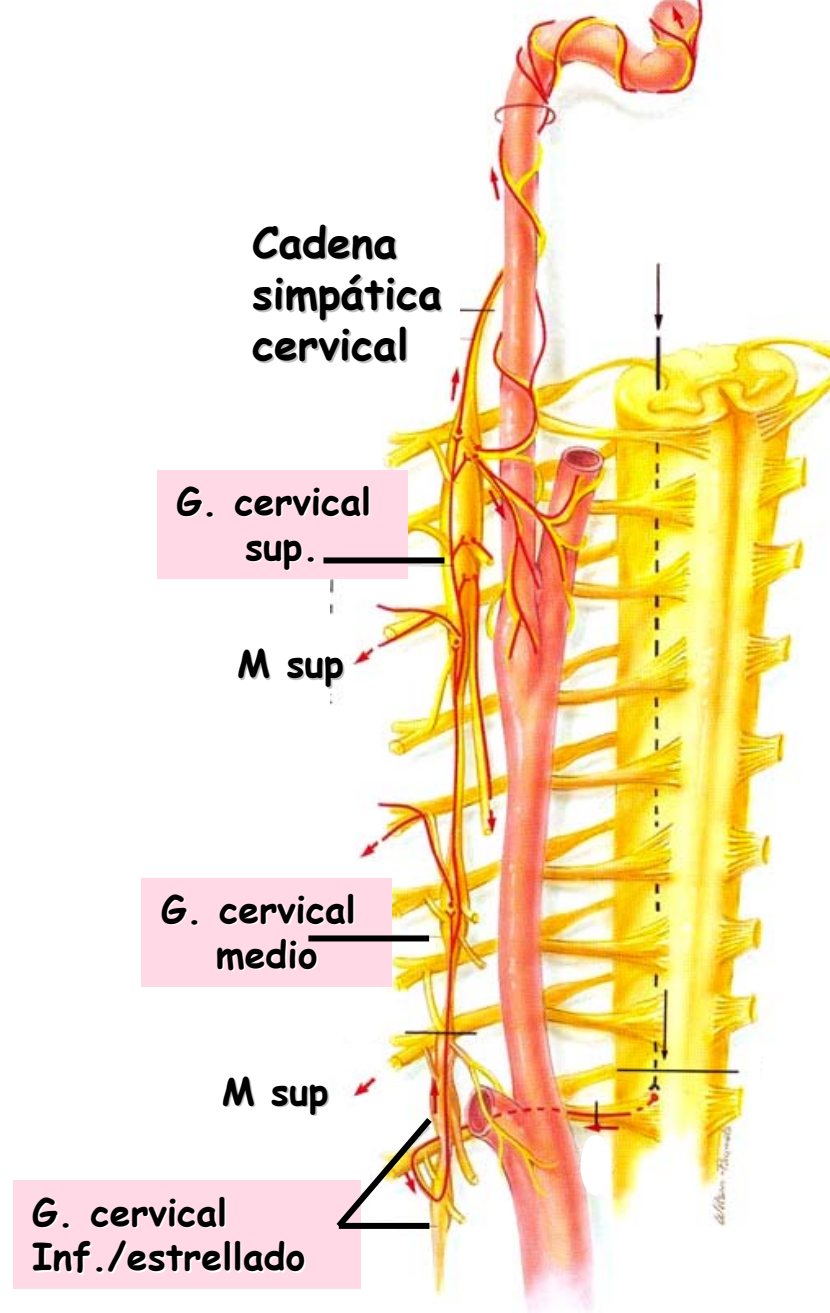
## 2. Síndrome de Horner



## 2. Síndrome de Horner



MRI médula espinal y tórax  
Neurofibromatosis alt. por exceso  
en c. cresta neural



### 3. Golpe de calor

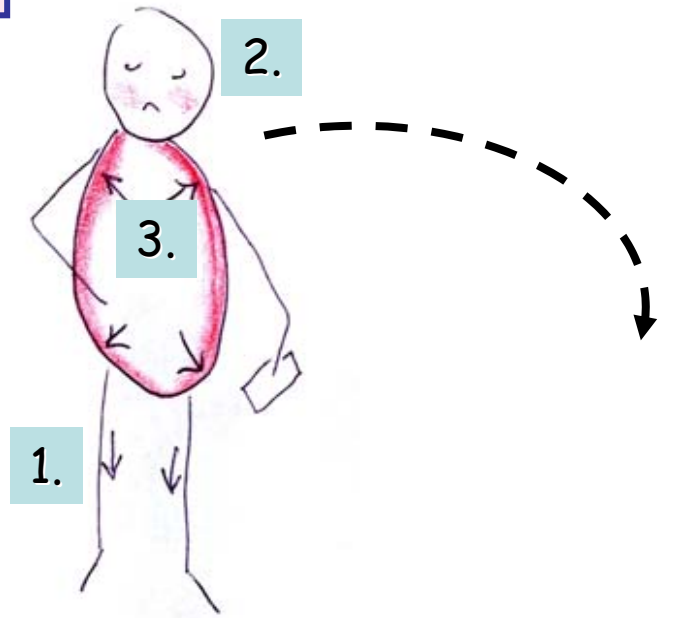
Caso Miguel



### 3. Golpe de calor

Caso Miguel

- Clima caliente
- Espera de pie



IX Clínica  
autonómica

Síncope por calor

1. Sangre acumulada en piernas por gravedad
2. Flujo sanguíneo inadecuado al cerebro
3. Sangre derivada de vísceras a piel para enfriar

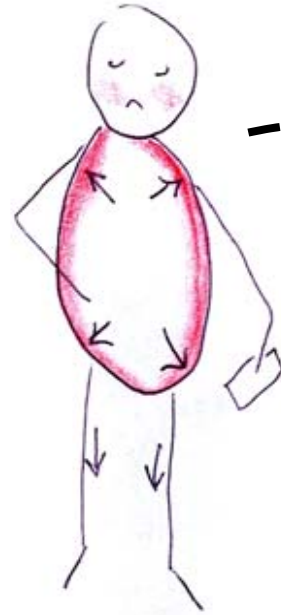


### 3. Golpe de calor

Caso Miguel

Síncope  
por calor

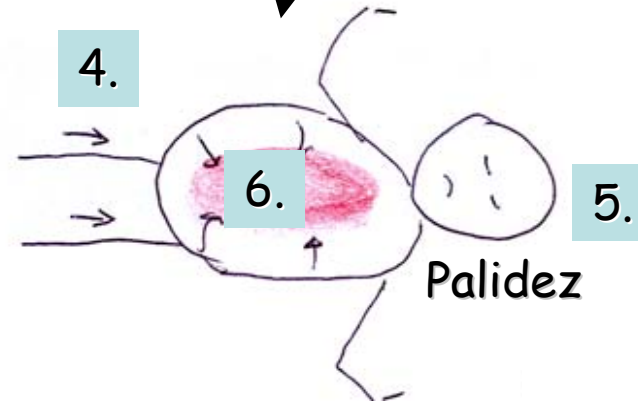
- Clima caliente
- Espera de pie



\*\*\*

IX Clínica  
autonómica

Recuperación



4. Aumento retorno venoso
5. Flujo sanguíneo al cerebro restaurado
6. Flujo de sangre a las vísceras restaurado por:  
Vasoconstricción periférica  
Acción de la gravedad

### 3. Golpe de calor

#### Síncope:

Pérdida transitoria de conciencia debida a inadecuado flujo sanguíneo al cerebro

Flujo cerebral depende de PA sistémica  
Cuando cae la PA demasiado, la autorregulación falla y se pierde la conciencia

### 3. Golpe de calor

¿Por qué bajo la PA de Miguel cuando esperaba en la cola?

#### Calor

Vasodilatación

Acúmulo sangre en miembros inferiores

Disminución retorno venoso

Disminución gasto cardíaco

Disminución PA, disminución flujo cerebral

#### Síncope



### 3. Golpe de calor

¿Por qué Miguel se recuperó rápido en el banco?

Al caer, la gravedad hizo que regrese sangre al corazón

No había pérdida de volumen total de sangre

Aumentó el volumen circulante y por **estimulación simpática** se produjo vasoconstricción,

Se recuperó la PA y el flujo cerebral

**Recuperó la conciencia**

Reflejo  
Barorreceptor



### 3. Golpe de calor

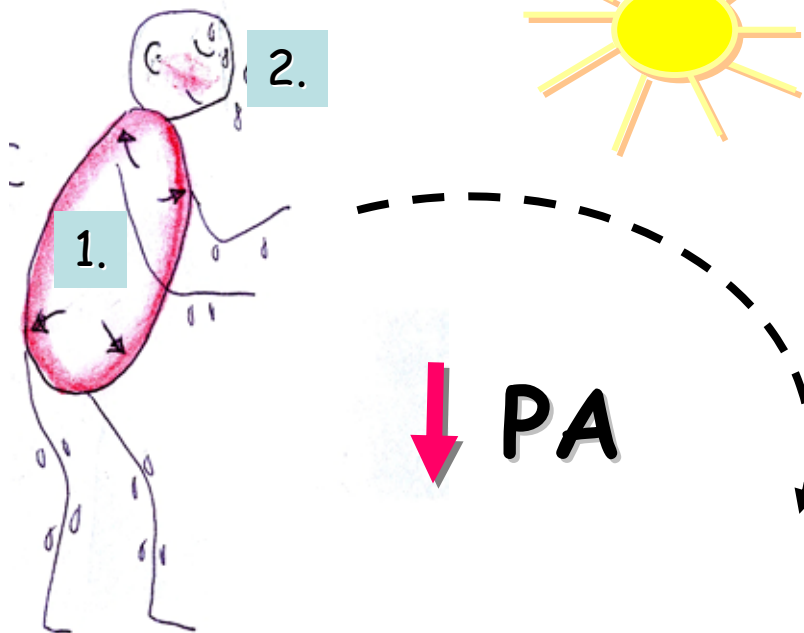


#### Caso Miguel

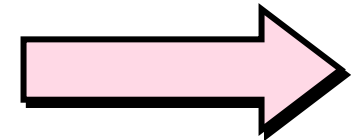
- Clima caliente húmedo
- Actividad extrema
- No consumo líquidos

3. 37 °C

#### Respuestas Autonómicas termorreguladoras



1. Sangre derivada de vísceras a piel y músculos
2. Pérdida de volumen sanguíneo por sudación
3. Temperatura corporal constante



### 3. Golpe de calor

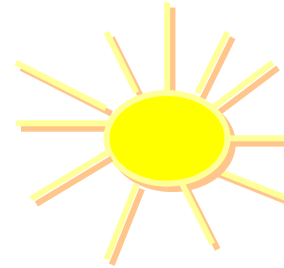
## Respuestas Autonómicas Regulación Temperatura Corporal

La temperatura es detectada por receptores en hipotálamo, tallo, médula y piel

El aumento de temperatura dispara respuestas autonómicas para disipar calor:

- Vasodilatación en piel
- Vasoconstricción de vísceras
- Aumento de sudación para enfriar la piel

### 3. Golpe de calor



IX Clínica  
autonómica

¿Por qué bajó la PA de Miguel cuando hacía ejercicio bajo un sol abrasador?

#### Calor húmedo

Vasodilatación cutánea

Pérdida de líquido por sudación

Disminución retorno venoso

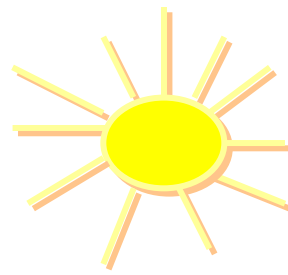
Disminución gasto cardíaco

Disminución PA,

Disminución flujo cerebral

↓  
**Síncope**





## Golpe de calor

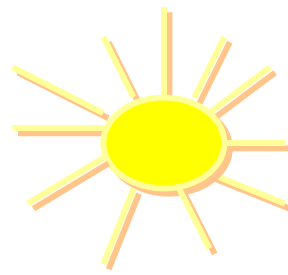
Clima caliente  
y húmedo

Pérdida de conciencia  
por flujo cerebral  
insuficiente,  
secundario a esfuerzos  
por disipar calor

¿Qué es lo que ocurre?

### En ejercicio extremo:

- Se produce más calor y más sangre se envía a la piel
- Pérdida de agua por sudación
- Disminución volumen de sangre y retorno venoso al corazón
- La disminución del retorno venoso alcanza **nivel crítico**, la PA cae y el flujo cerebral cae y ocurre el **síncope por calor**



Golpe de calor



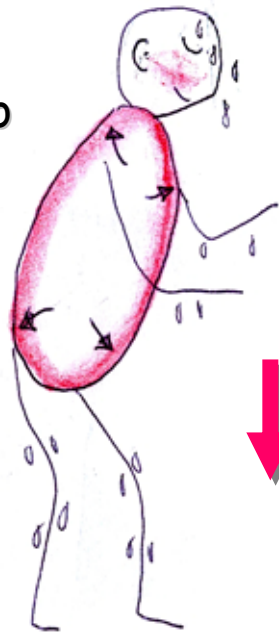
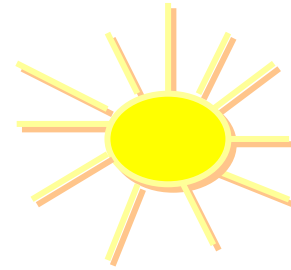
Estaciones de agua en maratones

NY 2006

### 3. Golpe de calor

#### Caso Miguel

- Clima caliente húmedo
- Actividad extrema



PA

Colapso irreversible

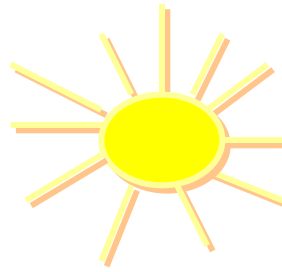
5. Piel pálida, seca, caliente



- 4. Sangre derivada a vísceras por vasoconstricción
- 5. Cese de sudación para limitar pérdida de fluidos
- 6. Aumento letal de temperatura

6. > 41°C

### 3. Golpe de calor



IX Clínica  
autonómica



Clima caliente y húmedo

### Golpe de calor

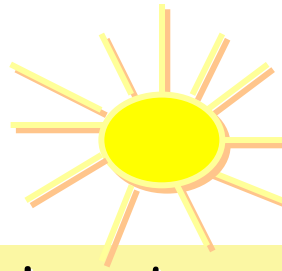
La pobre condición física de Miguel resultó en acción muscular ineficiente con gran producción de calor

Su exceso de peso hizo difícil disipar el calor  
Sudó en abundancia, no tomó líquidos  
Su **volumen de sangre bajó críticamente**

El flujo cerebral cayó y Miguel colapsó, pero no se recuperó

**Colapso  
irreversible**

### 3. Golpe de calor



IX Clínica  
autonómica



Golpe de calor

Clima caliente y húmedo

¿Por qué Miguel no se recuperó ésta vez?

El flujo sanguíneo disminuido al tallo  
estimuló el C. CV excitador

Cuando la presión cae por debajo de 40 mmHg:

"Efecto isquémico del SNC"

**Activación Simpática**

rápida y potente para conservar fluidos y  
restaurar circulación a órganos vitales:

**Vasoconstricción piel**

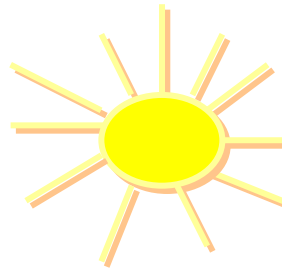
**y**

**Disminución sudación**

Mecanismo de  
emergencia  
y  
último recurso  
para regular PA

### 3. Golpe de calor

Clima caliente y húmedo



IX Clínica  
autonómica

¿Por qué Miguel no se recuperó?

El **efecto simpático de emergencia** acabó con la termorregulación:

la temperatura comenzó a subir...

La piel se puso:

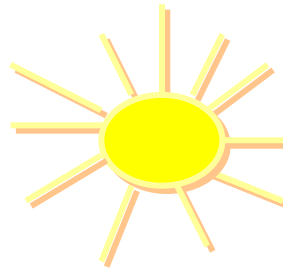
pálida por vasoconstricción,

seca por disminución de sudación

caliente por aumento de temperatura

### 3. Golpe de calor

Clima caliente y húmedo

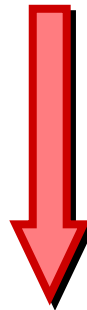


IX Clínica  
autonómica

¿Por qué Miguel no se recuperó?

Como estaba al sol,  
la temperatura subió a niveles letales y  
los tejidos excitables, corazón y nervios  
se despolarizaron y dañaron

> 41°C



**Muerte de Miguel**

### 3. Tumores médula adrenal

#### Casos Feocromocitoma



## 4. Feocromocitoma



## IX Clínica autonómica

### Síntomas

- Crisis hipertensivas de difícil manejo, cefaleas (severas)
- Sudación excesiva (generalizada), palidez
- Frecuencia cardiaca elevada (taquicardia y palpitaciones)
- Ansiedad/ nerviosismo (sensación de muerte inminente)
- Ataques pánico, temblores
- Dolor en tórax bajo o abdomen alto

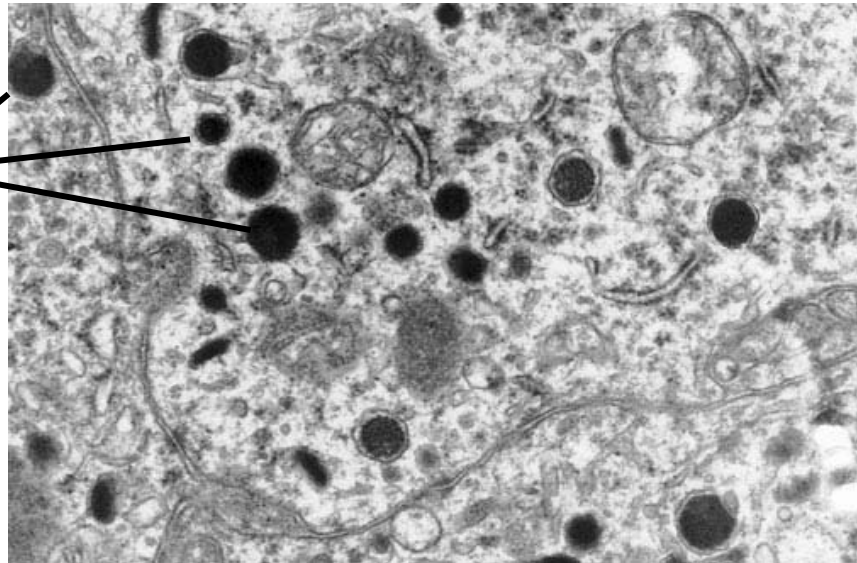
Descarga simpática  
principalmente **E**

## 4. Feocromocitoma

## IX Clínica autonómica

Gránulos  
secretorios

Epinefrina  
Norepinefrina



**ME: C. cromafines  
médula suprarrenal**

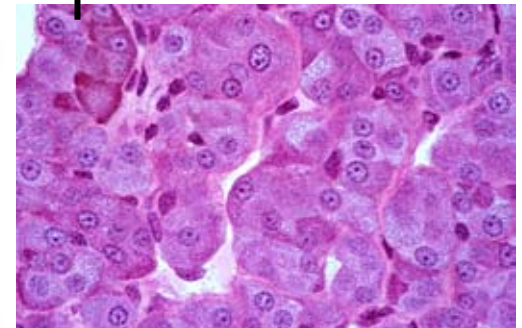
## 4. Feocromocitoma

## IX Clínica autonómica

Glándulas  
suprarrenales

Corteza

Médula



Células  
Cromafines

Derecho

Izquierdo

## 4. Feocromocitoma

## IX Clínica autonómica

### Diagnóstico



- Catecolaminas en el plasma y orina:

**E y NE**

- Metabolitos en orina de 24 hs:

**Metanefrinas**

- Imágenes:

TAC abdominal

MRI abdominal

M-iodobenzilguanidina (MIBG)

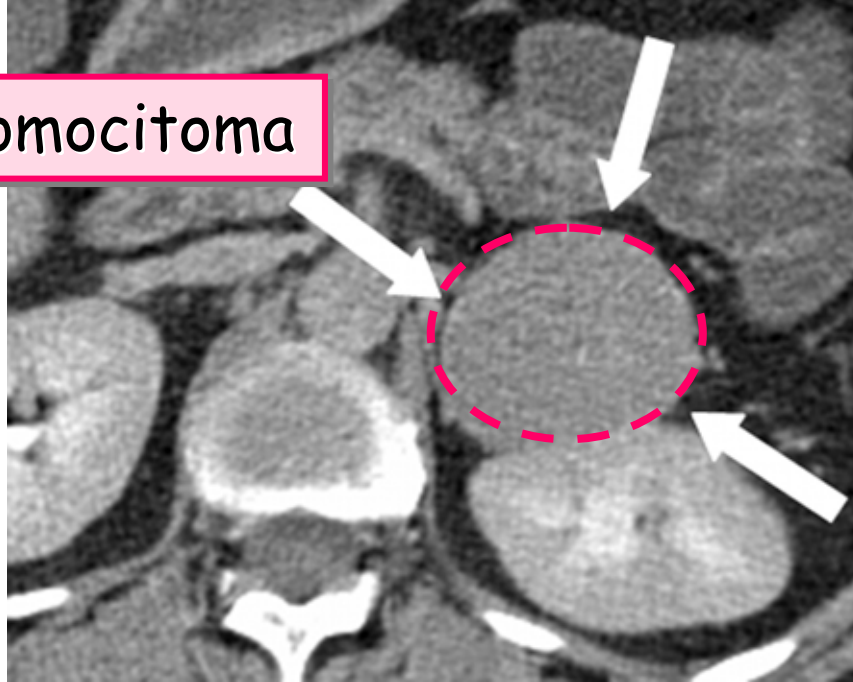
### Tratamiento

1. Primero alfa bloqueantes  
para control de PA
2. Luego beta bloqueantes  
para controlar FC

Cirugía:

Adrenalectomía

## 4. Feocromocitoma



Tumor de la  
médula adrenal

Cirugía

