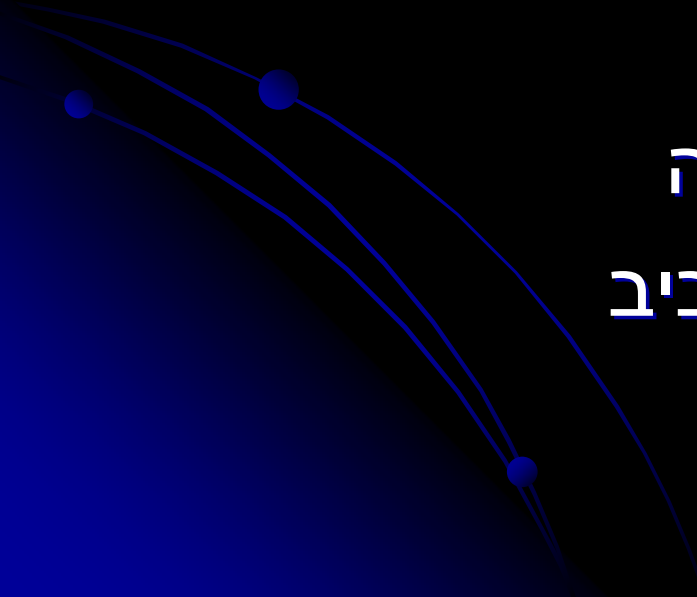


# מבנה ותפקוד מערכת הכאב

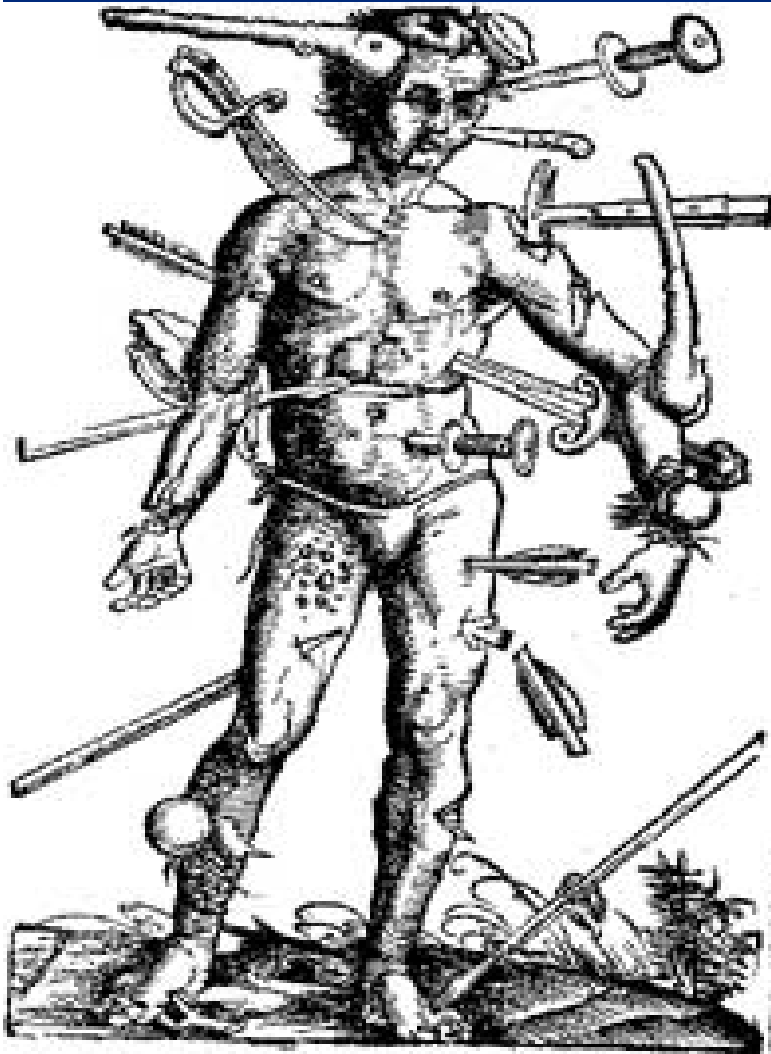
ד"ר רות דפרין  
הפקולטה לרפואה  
אוניברסיטת תל-אביב



# הגדרה בינלאומית לכאב IASP 1994

An unpleasant sensory and emotional experience associated with actual or potential tissue damage, or **described** in terms of such damage

# סוגי כאב



Der Wunderrmann aus dem „Feldbuch der Wunderrmann“ von 1587

כאב פיזיולוגי ■

כאב פתולוגי ■

כאב פסיכוגני ■

כאב אידיופאטי ■

כאב יאטרוגני ■

כאב אקוטי ■

כאב כרוני ■

# מע' הכאב- חלק מהמע' הסומטוֹסנסורית

רצפטור Transduction



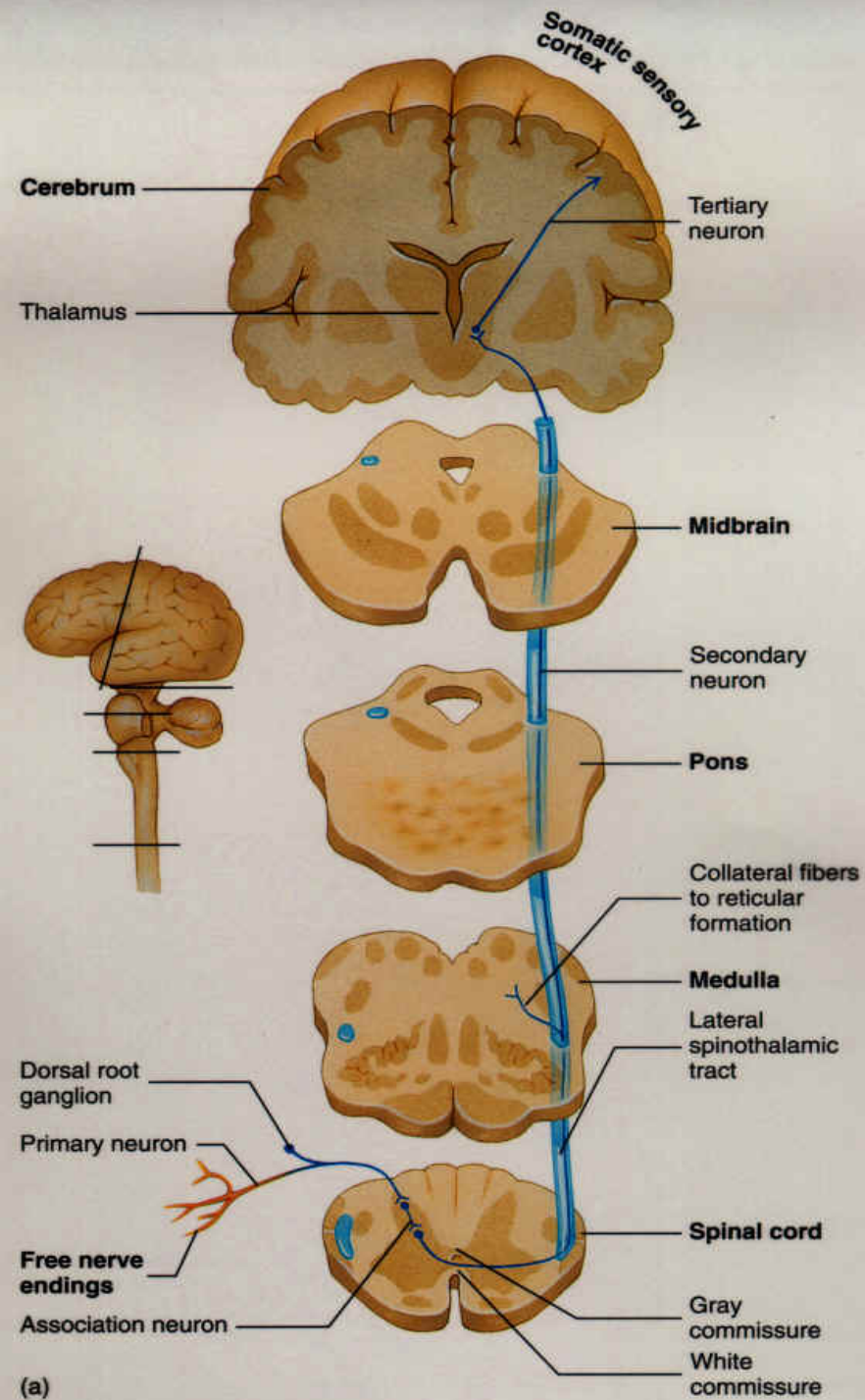
סיב תחושתי Conduction



חוט שדרה Encoding, processing



מח Encoding, processing, perception, reaction



# מע' הכאב- חלק מהמע' הסומטוֹסנסורית

רצפטור Transduction



סיב תחושתי Conduction

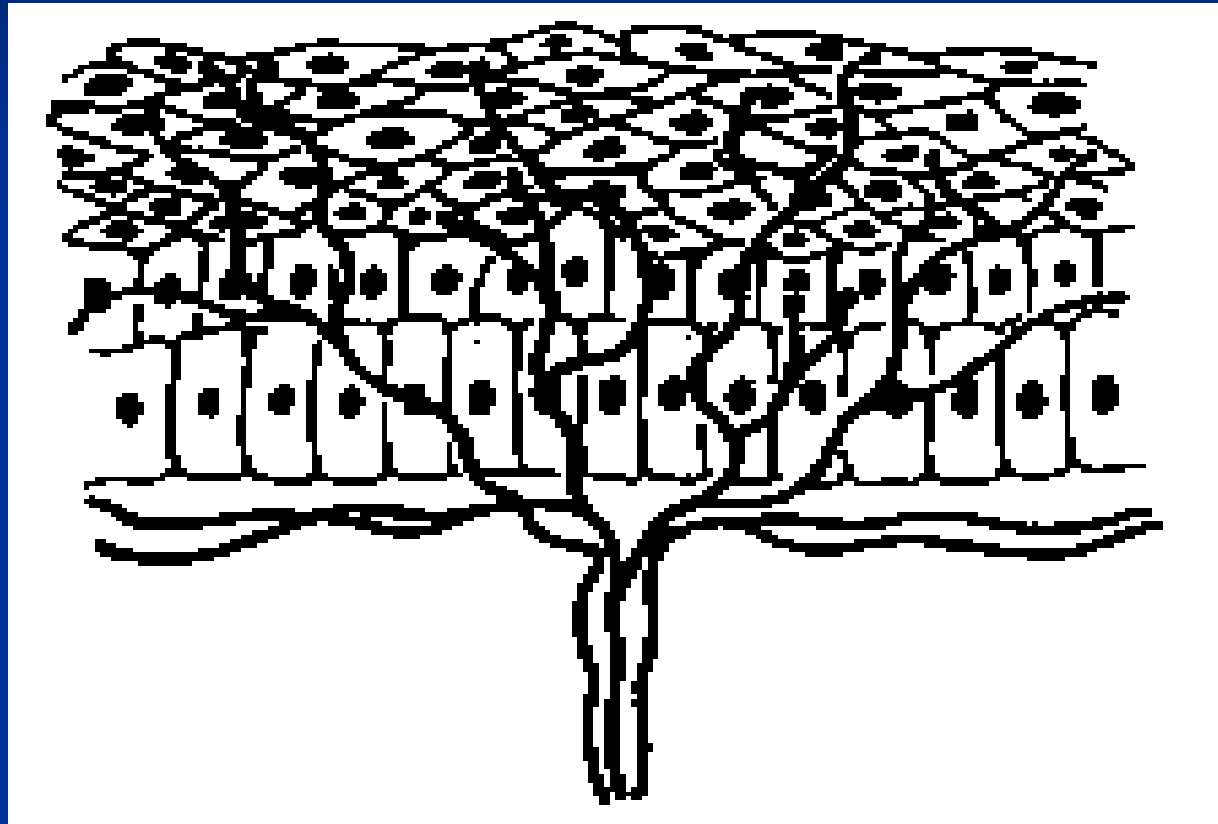


חוט שדרה Encoding, processing



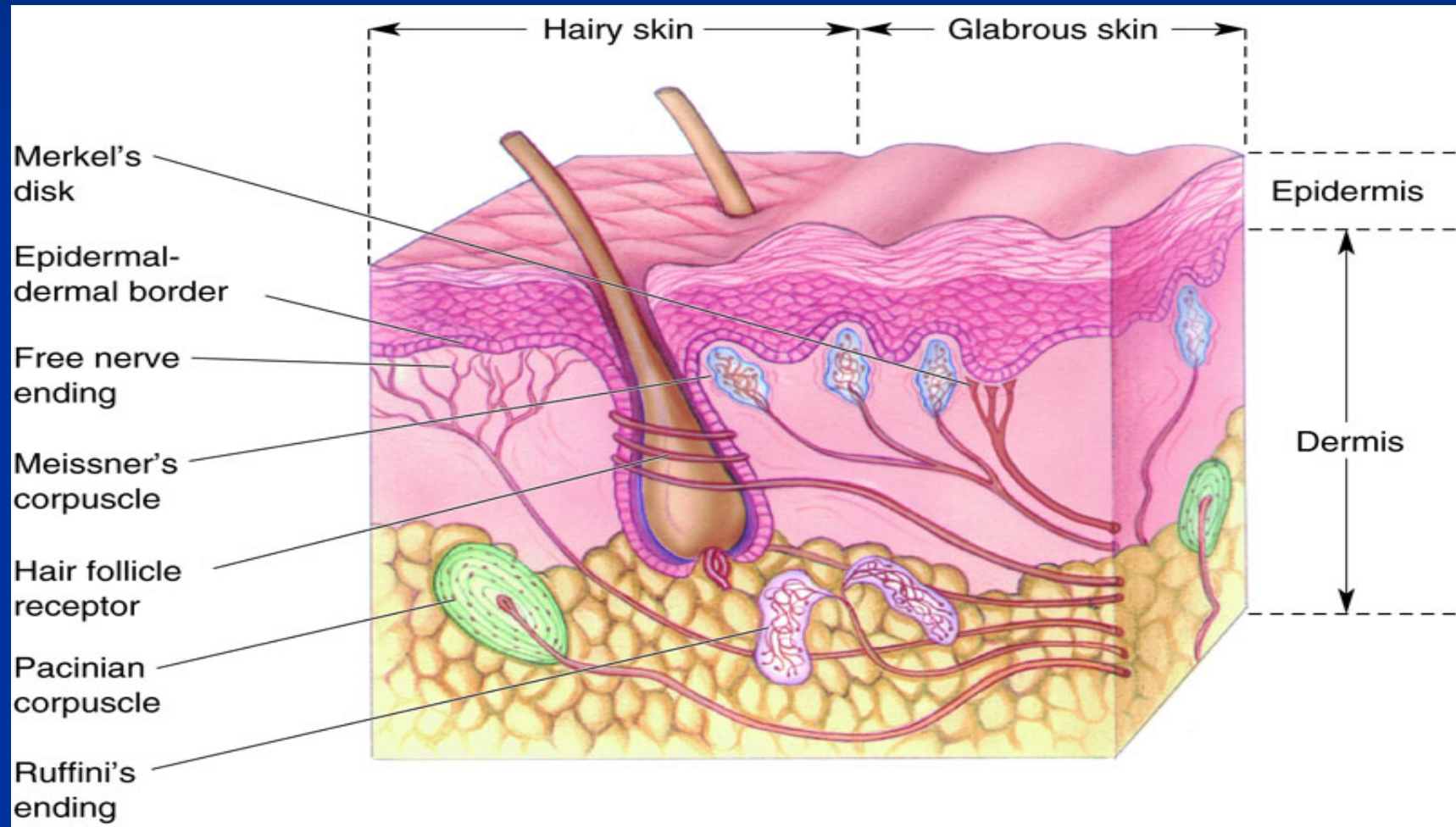
מח Encoding, processing, perception, reaction

Nociceptors = רצפטורים לכאב



Free nerve endings

# נוזיספטורים קיימים כמעט בכל הגוף למעט במח (ספק לגבי מספר איברי ויסצרה)





# נוזיספטורים

■ ספציפיים- מגיבים רק לגירויים מזיקים/מכאיבים  
(במצב תקין)

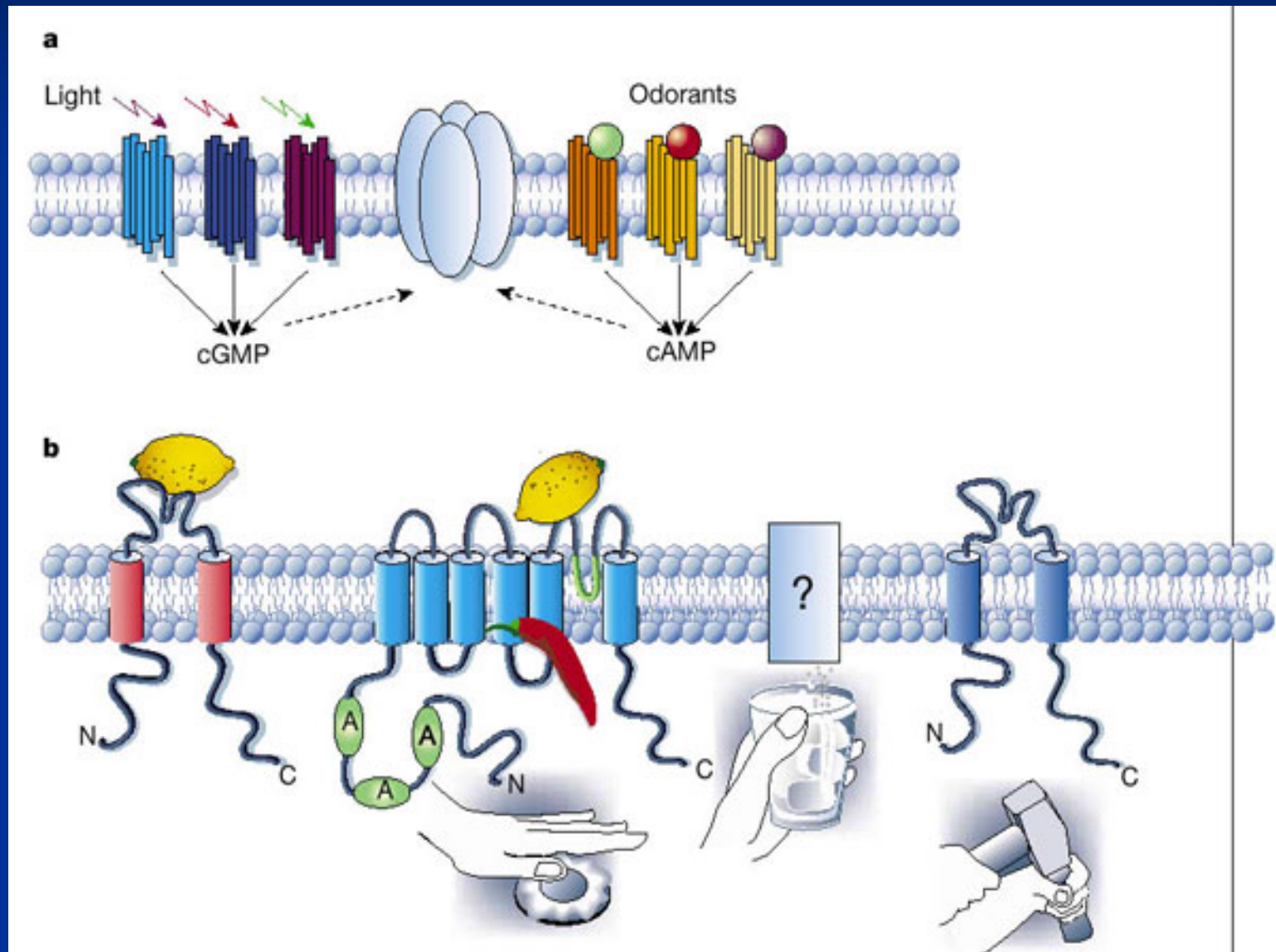
■ סלקטיביים-כשהם מופעלים מורגש רק כאב

■ ארבע קבוצות:

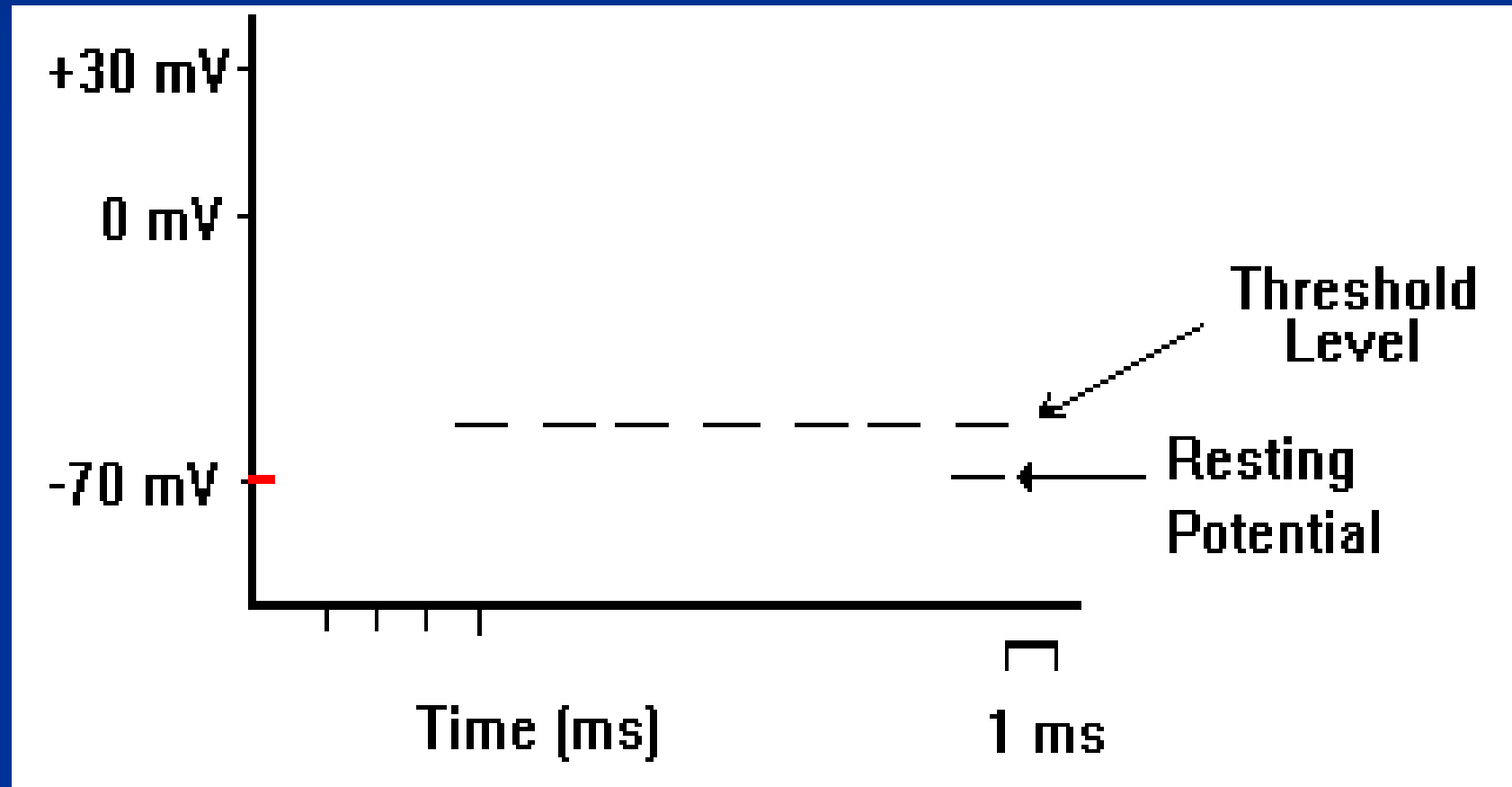
1. Mechano nociceptors
2. Thermal nociceptors
3. Chemical nociceptors
4. Polymodal nociceptors

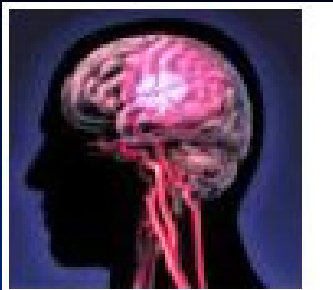


# לכל נודיספטור תעלה יונית ספציפית לאנרגיית גירוי. פתיחתה ← דפולריזציה Generator Potential



# GP - פרפורציוני לעוצמת הגירוי





## תפקיד הנוזיספטורים

לקודד עוצמת הגירוי  
לקודד איכות הכאב  
התראה בפני נזק (תפקיד הגנתי)

האם תמיד ???

Pain

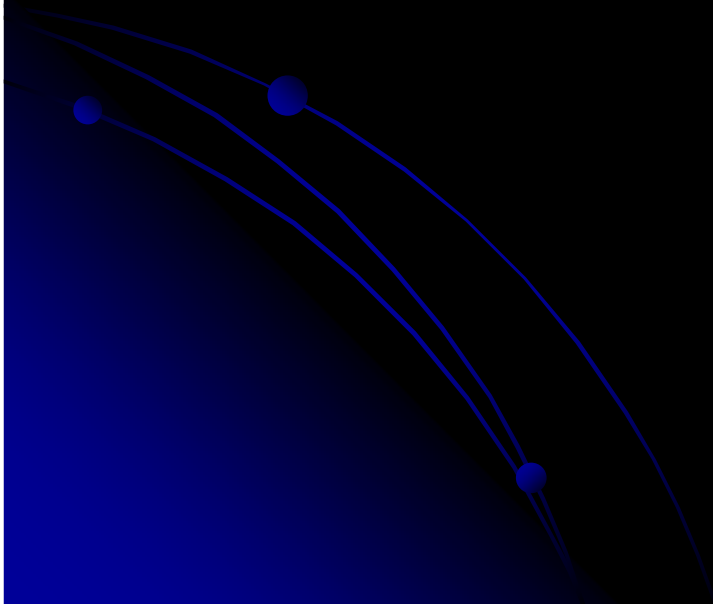
Nociception

# מצבים שיש Pain ואין Nociception

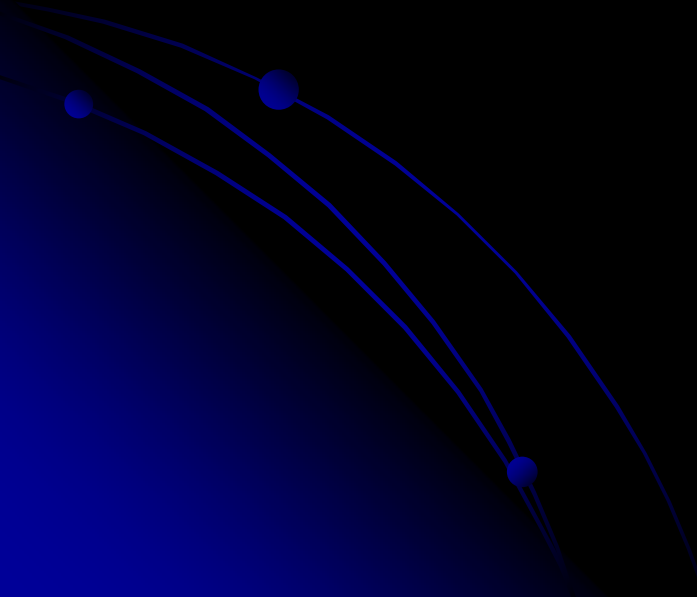
- כאב פאנטום

- כאב מרכזי (SCI, TBI, CVA)

- כאב פסיכוגני



# מצבים שיש Nociception ואין Pain

- פציעות בשדה קרב
  - פציעות במהלך ריצת מרתון
  - סרטן
  - שיניים
  - Familial dis-autonomia
  - טראנס
- 



Tag 11  
1972 20. Ja  
2001  
Spindel  
1000  
kein  
100  
Glow 11  
Tran  
Brenn  
chngs 11  
sche

# מע' הכאב- חלק מהמע' הסומטוֹסנסורית

רצפטור Transduction



סיב תחושתי Conduction



חוט שדרה Encoding, processing



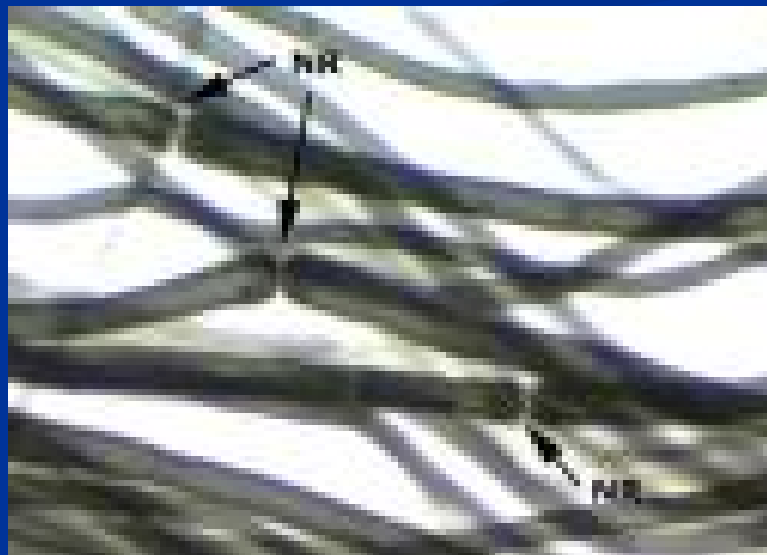
מח Encoding, processing, perception, reaction



# סיבים תחושתיים Primary afferents

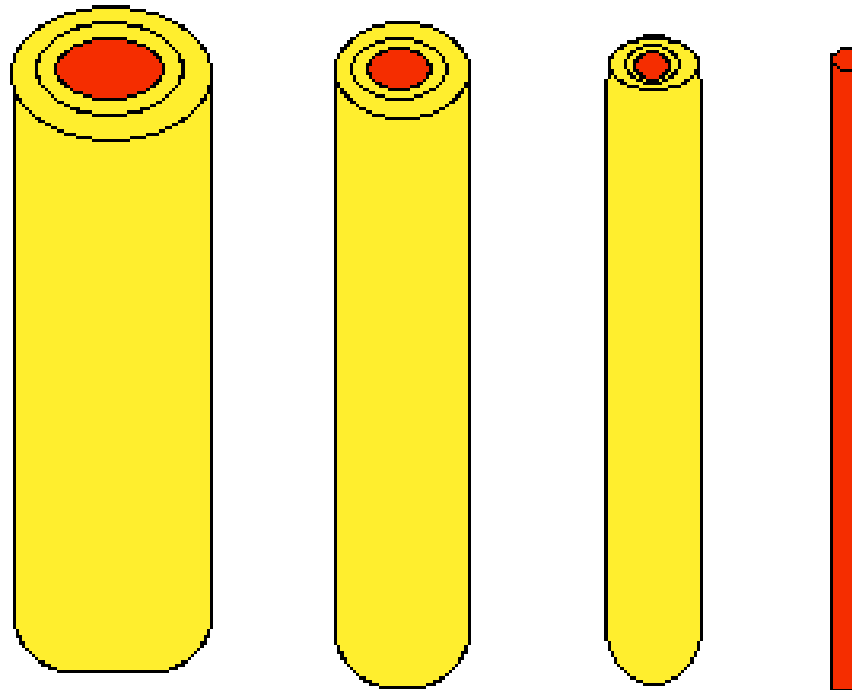
■ GP עובר מהרצפטור לסיב (Fiber), המוליך אותו לחוט השדרה

■ צבר של עשרות/מאות סיבים ← עצב (Nerve)



# סיבי כאב - דקים, מהירות הולכה איטית יחסית

Primary Afferent Axons



Axon Type	A $\alpha$	A $\beta$	A $\delta$	C
Diameter ( $\mu\text{m}$ )	13-20	6-12	1-5	.2-1.5
Speed (m/s)	80-120	35-75	5-35	.5-2.0

# מע' הכאב- חלק מהמע' הסומטוֹסנסורית

רצפטור Transduction



סיב תחושתית Conduction

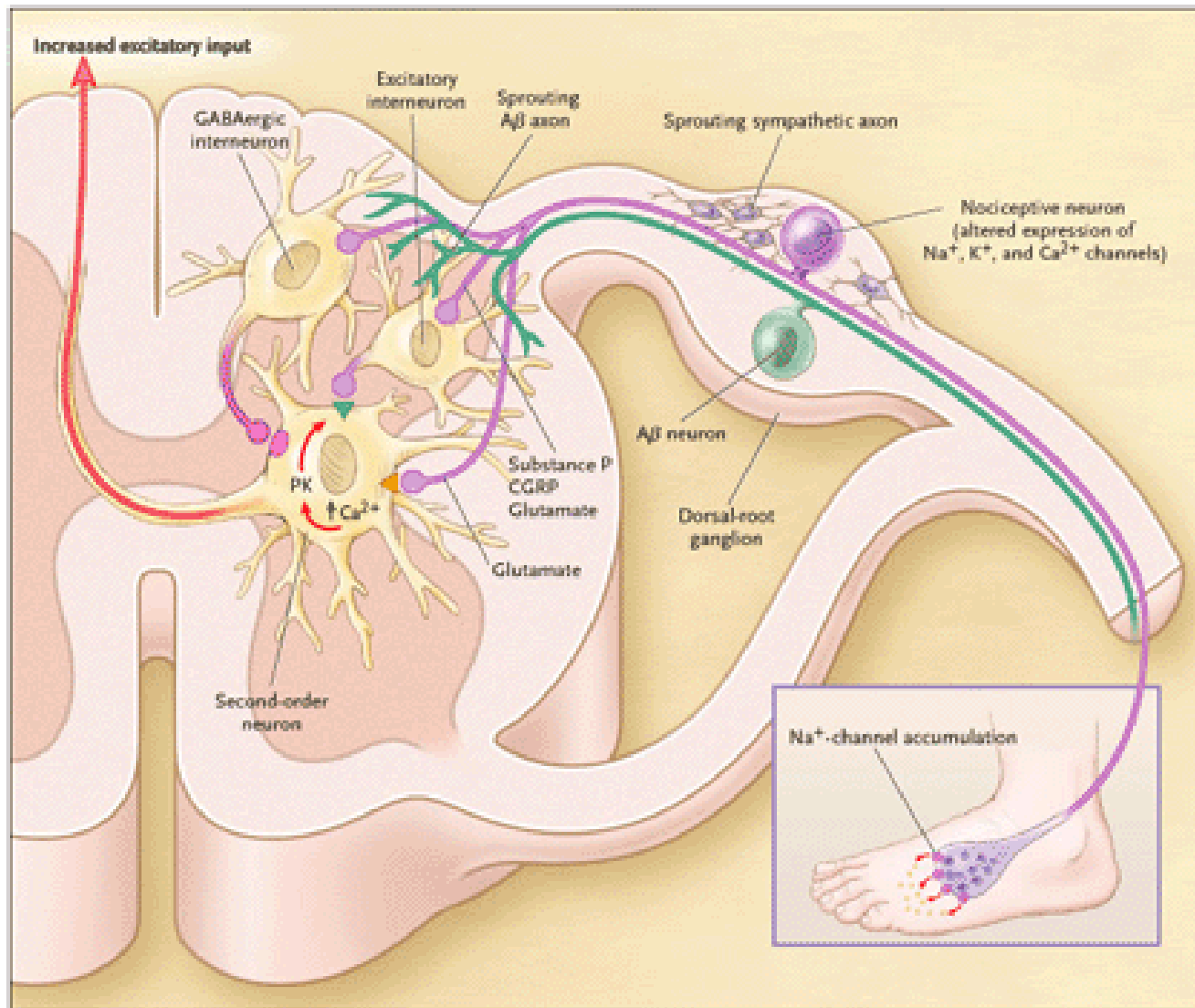


חוט שדרה Encoding, processing



מח Encoding, processing, perception, reaction

# העברת המידע לחוט השדרה



# בחוט השדרה

שני סוגי נוירונים נוזיספטיביים: 🙌

Wide dynamic range (WDR)

Nociceptive specific (NS)

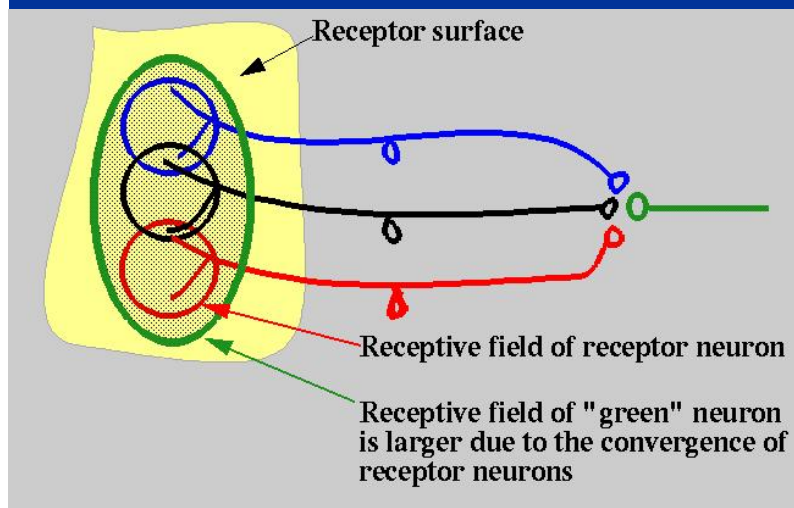
שונים בגודל השדה, במורכבותו, בתכונות 🙌

תפקידם: 🙌

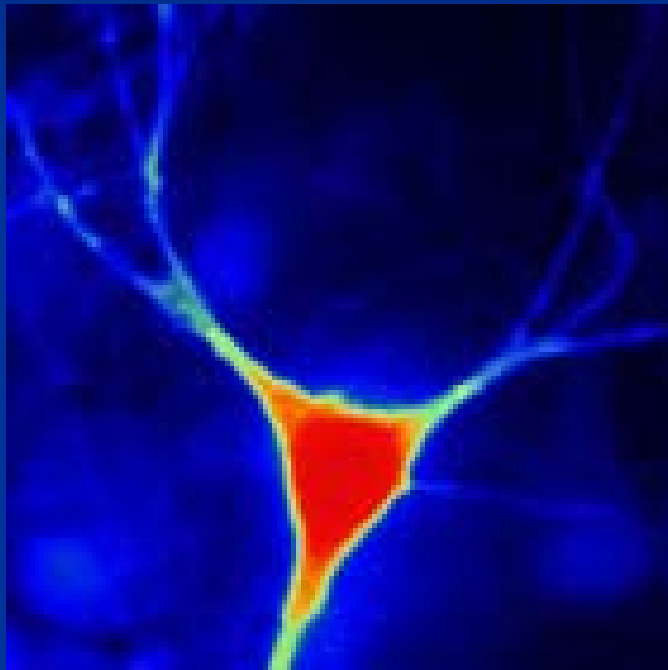
(1) סיכום ואינטגרציה

(2) קידוד המידע

(3) העברתו למח



# בחוט השדרה- השפעות מכריעות על המידע העולה למח



■ עירור EPSP

■ דיכוי IPSP

■ אפנון Modulation

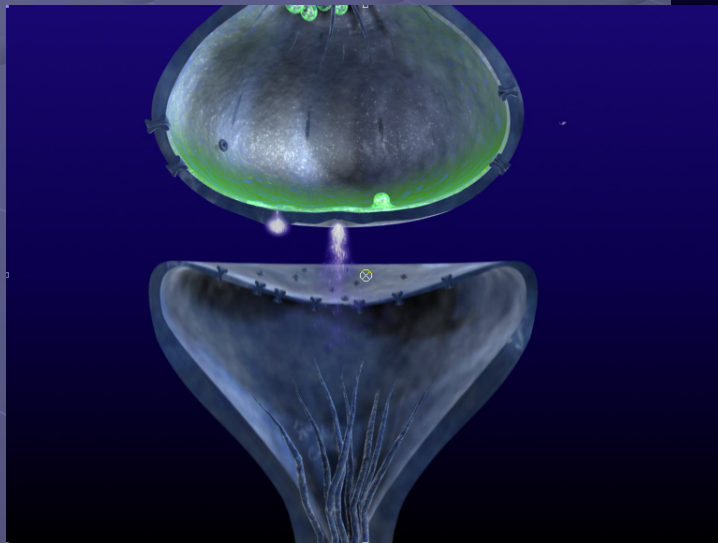
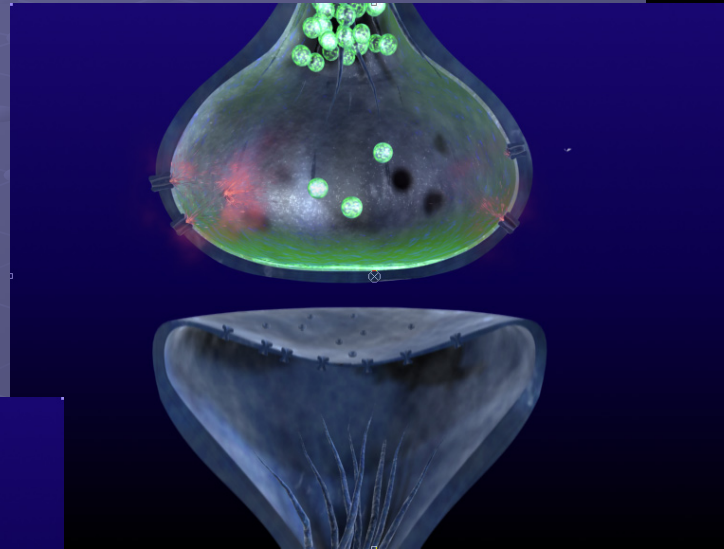
# 1) עירור

הפולס הנוזיספטיבי מגיע מסיבי C ו  $\delta$ A

מועבר לנוירונים הנוזיספטיביים דרך סינפסות  
אקסיטטוריות

באמצעות נוירוטראנסמיטורים אקסיטטורים:

Sub P, CGRP, Glutamate, CCK



התוצאה ← דפולריזציה פוסט סינפטית

והעברת המסר

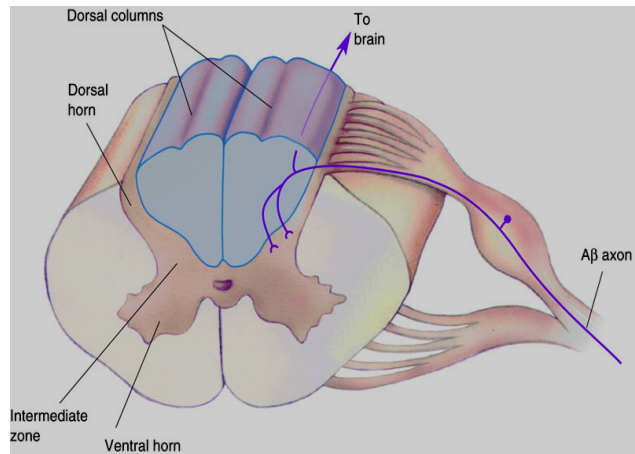


## 2) דיכוי

שני תהליכים שלא תלויים אחד בשני: ●

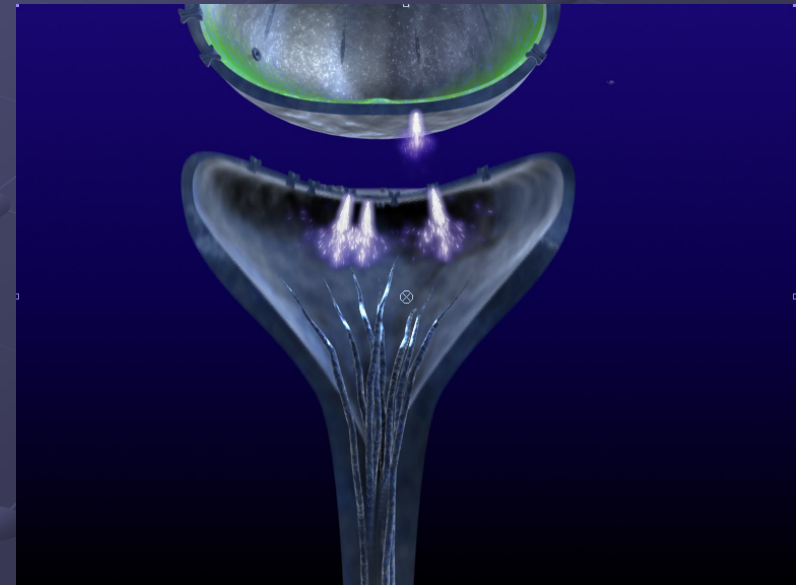
א. דיכוי ע"י גירוים לא מכאיבים (דיכוי סגמנטלי)

ב. דיכוי ע"י גירוים מכאיבים (דיכוי יורד)



סיבים מסוג  $A\beta$  המוליכים גירויים לא מכאיבים מפרישים  
נוירוטרנסמיטורים אינהיביטורים ע"ג הנורונים  
הנוזיספטיבים (**GABA, Glycine**)

התוצאה: היפרפולריזציה ←  
דיכוי הולכת כאב

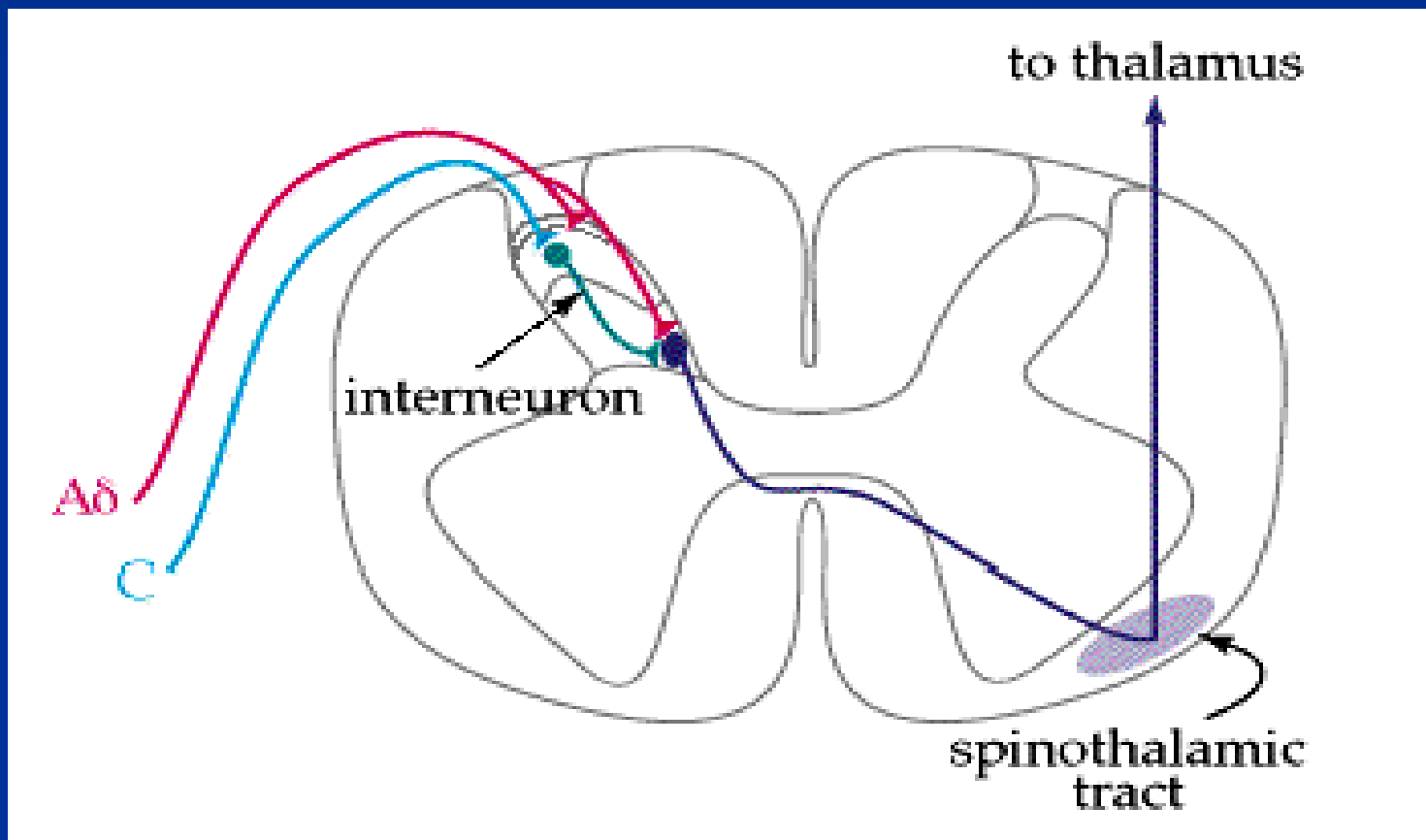


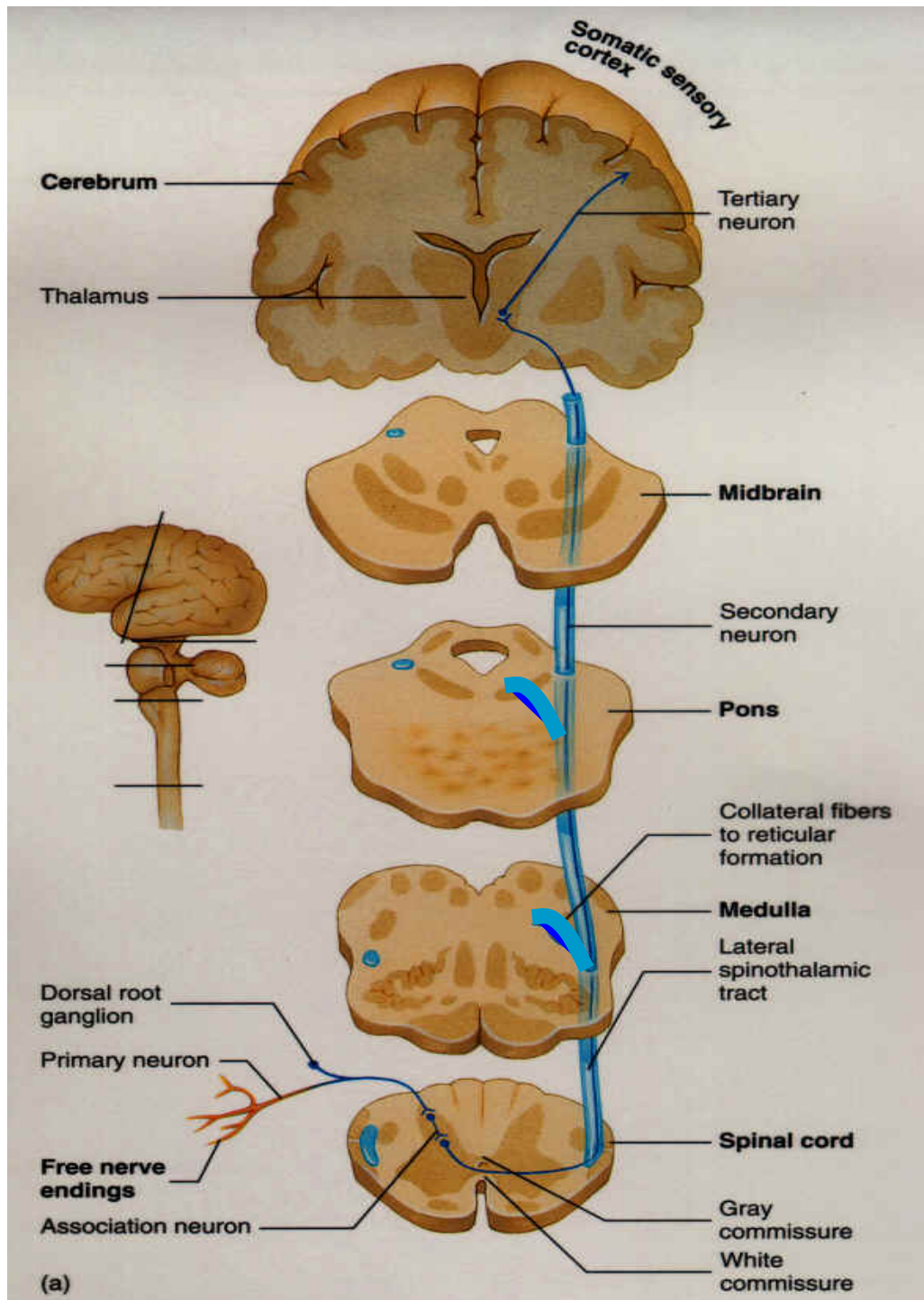
מנגנון דומה: טיפולים פיסיקלים (מסז', TENS, תנועה) ותרופות אנלגטיות מסוג

**Gabapentin, muscimol, baclofen**



# המידע הנוזיספטיבי חוצה לצד הקונטראלטרלי של חוט השדרה ועולה למח דרך המסילות האנטרולטרליות





■ המסילות  
הספינותלמיות-

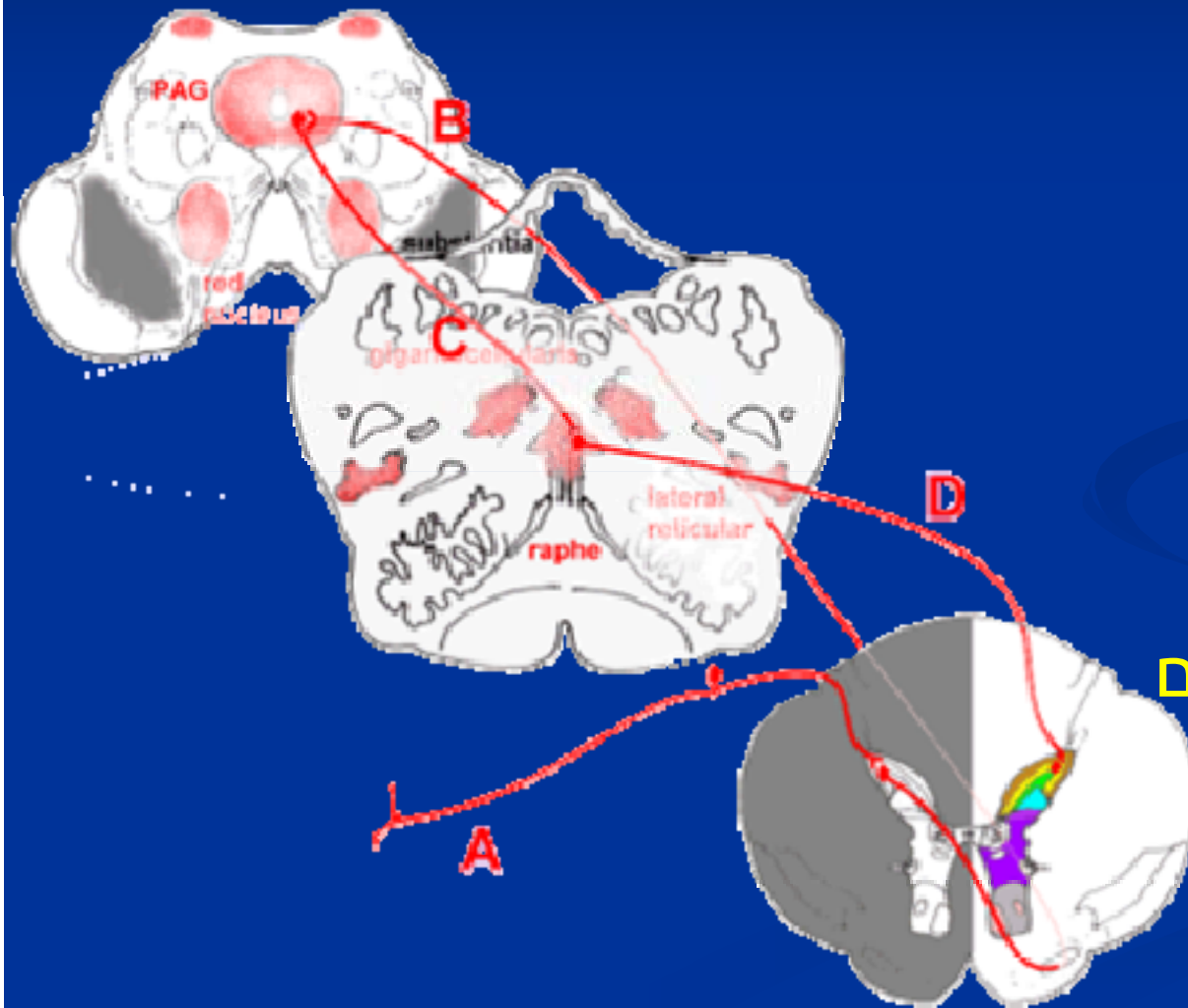
עיבוד כאב

■ המסילות  
הספינורטיקולרית  
וספינומזנצפאלית-

לגזע המח לשם דיכוי  
כאב

# מגזע המוח יורדות מסילות לדיכוי כאב

מתבצע ע"י הפרשת נוירוטרנסמיטורים



מנגנון דומה:

אופיאטים, אנטידפרסנטים

# נוירוטרנסמיטורים המשתתפים בדיכוי כאב

■ אינהיביטורים (היפרפולריזציה של נוירונים נוזי):

GABA, Glycine, 5-HT, Enkephalin,  $\beta$ -Endorphin

■ אקסיטטורים (דפולריזציה של אינטרנוירונים אינהיבי):

Glutamate, NA, CCK, VIP, DA



# מה מפעיל את המרכזים האינהיביטורים בגזע המוח ?

■ כאב

■ סטרס פיזיקאלי

■ סטרס נפשי שלילי

■ סטרס נפשי חיובי

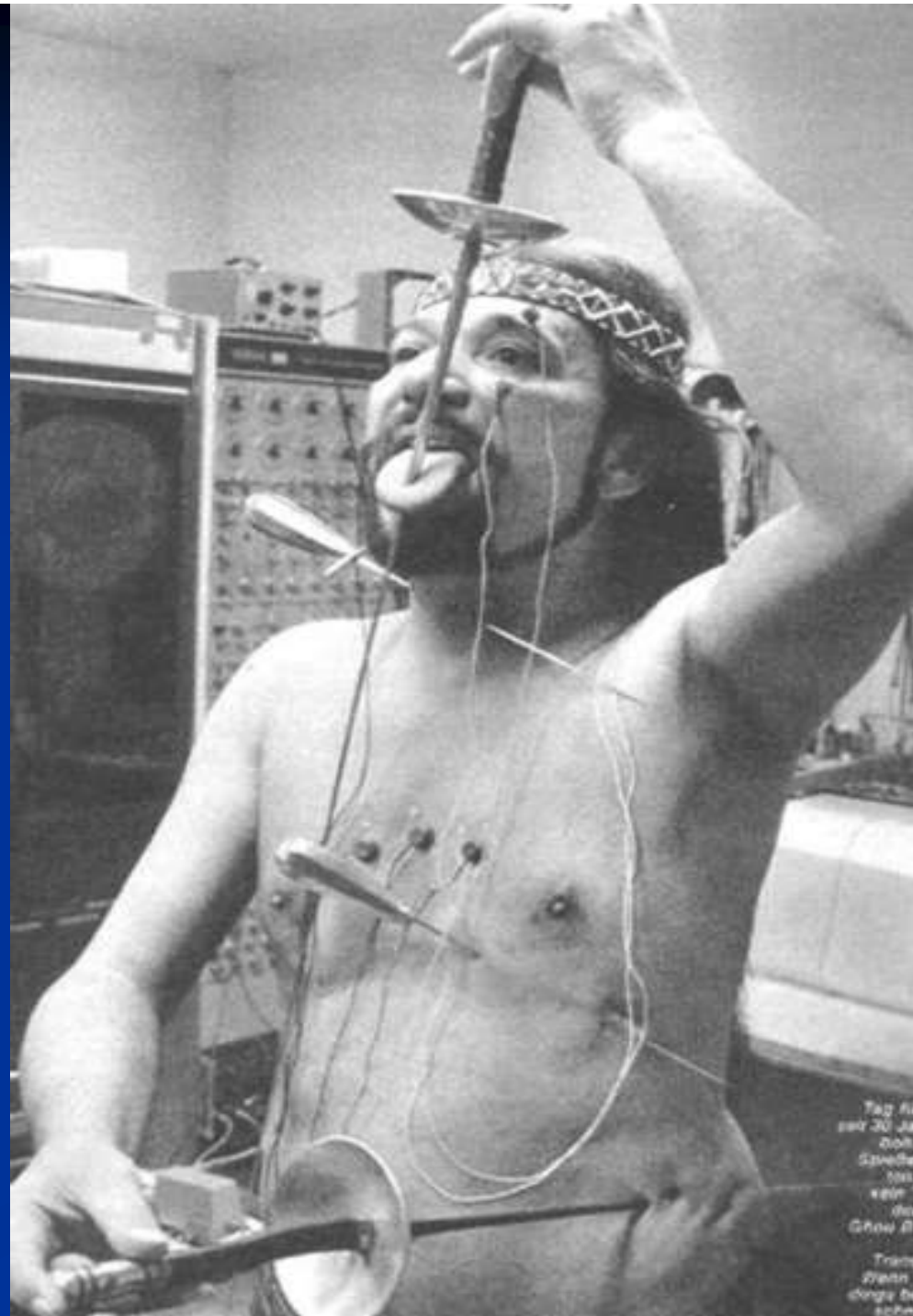
■ תהליכים נוספים (ריכוז, טראנס...)



**"Stress induced Analgesia"**



Larbig et al., 1982





## (3) אפנון

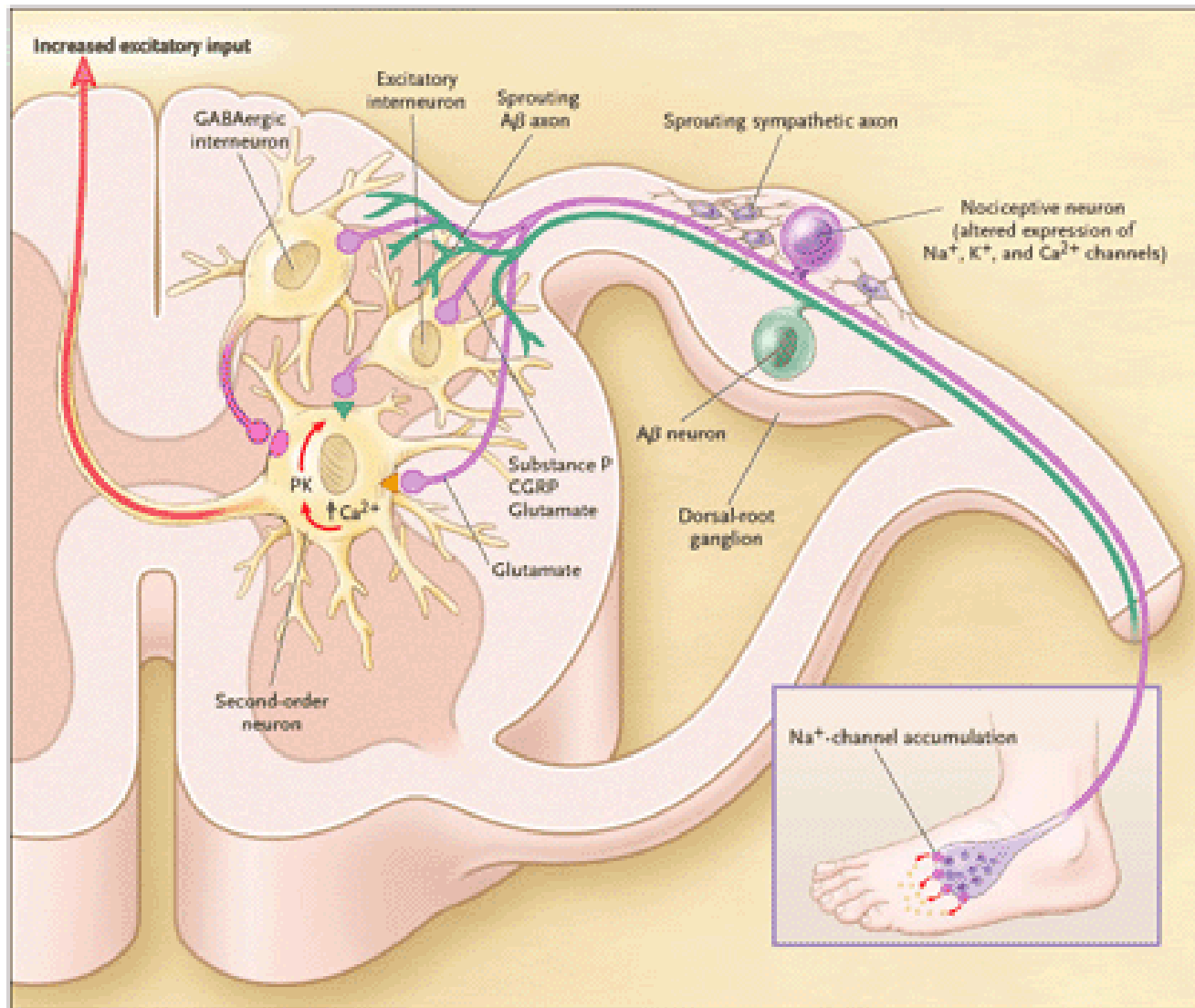
לעיתים, מערכת הכאב משנה את תכונות  
הנוירונים בח"ש

באמצעות הפרשה מוגברת של Glu והפעלת רצפטור NMDA

הופכים רגישים יותר מהרגיל ← הצעד הראשון בהפיכת כאב אקוטי  
לכרוני

תרופות מסוימות יכולות להפוך שינויים אלה (מורפין)

# העברת סיגנל נוזיספטיבי



# מע' הכאב- חלק מהמע' הסומטוֹסנסורית

רצפטור Transduction



סיב תחושתי Conduction



חוט שדרה Encoding, processing



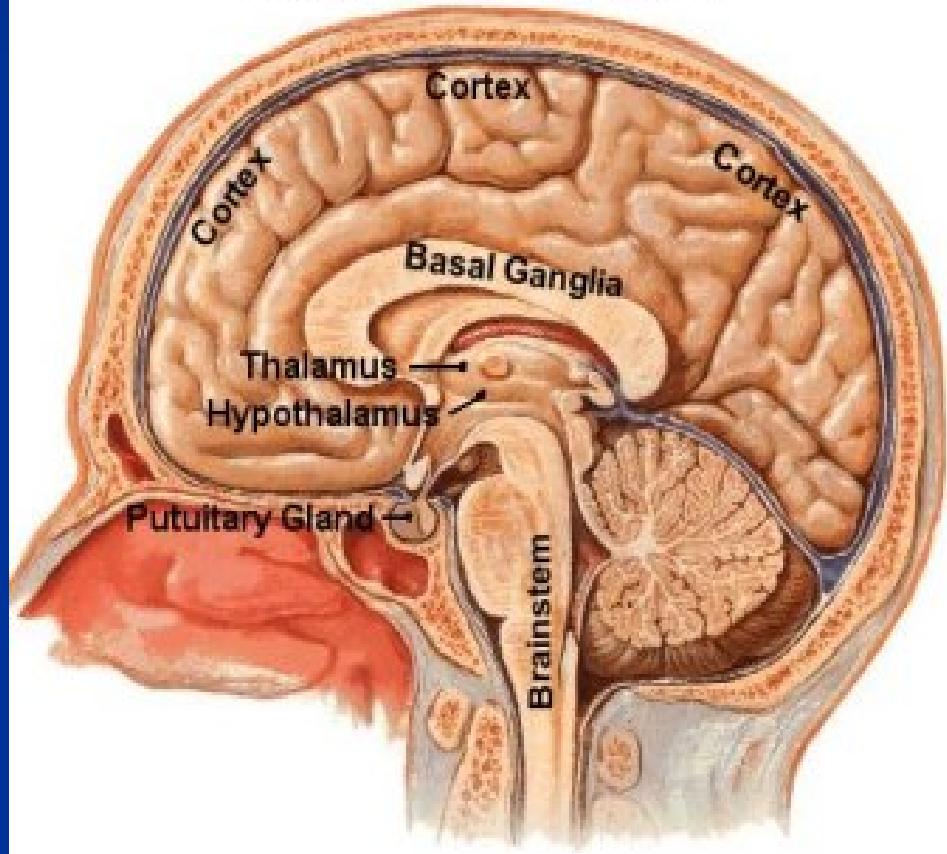
מח  
reaction  
Encoding, processing, perception,

# תחנות עיבוד מוחיות לכאב



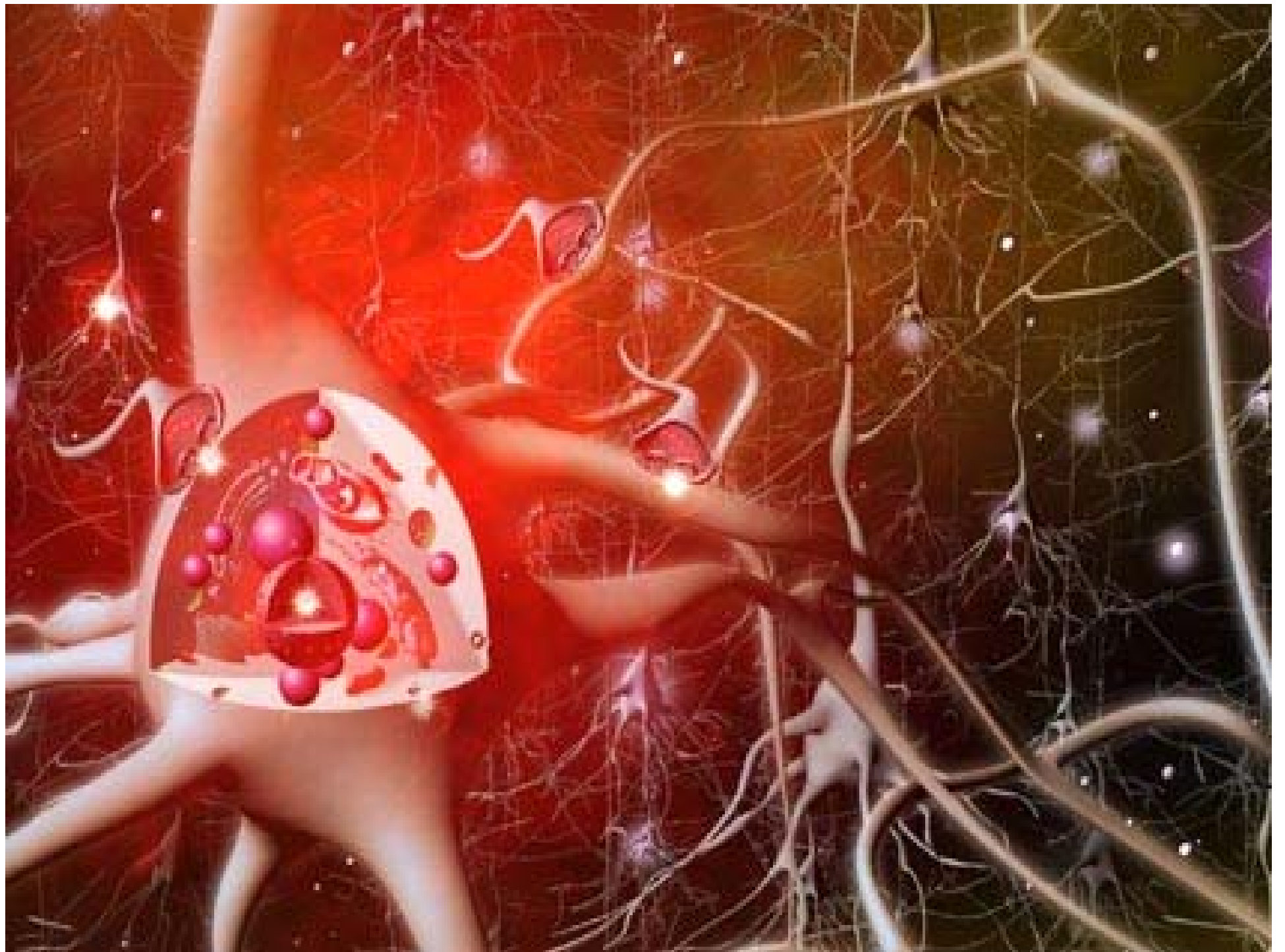
# 1. Thalamus

Cerebrum - Brain in Situ  
Sagittal Section - Medial View



■ עיבוד סנסורי-דיסקרימינטיבי של כאב

■ תחנת מימסר



# פגיעה בתלמוס

- אבדן תיפקודים סנסורים דיסקרימינטיביים של כאב
- האם האדם מתחיל עידן "מאושר" של חיים ללא כאב?

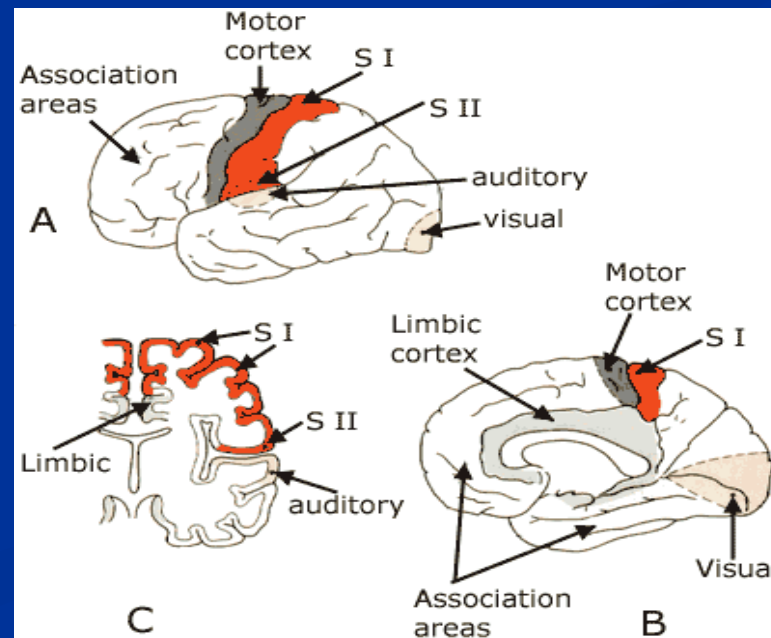
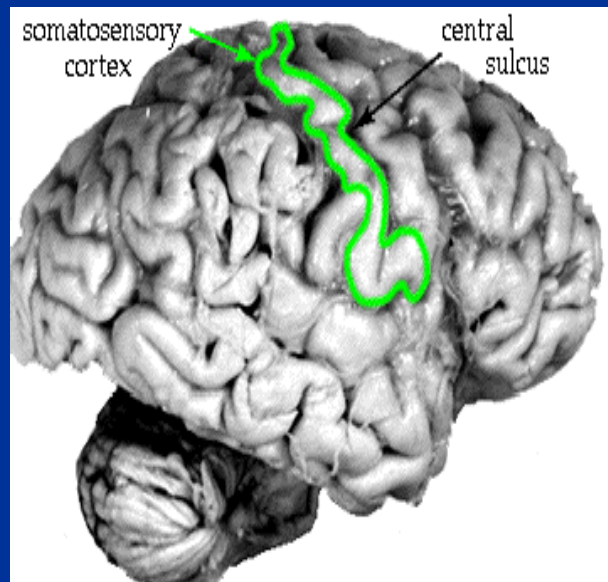




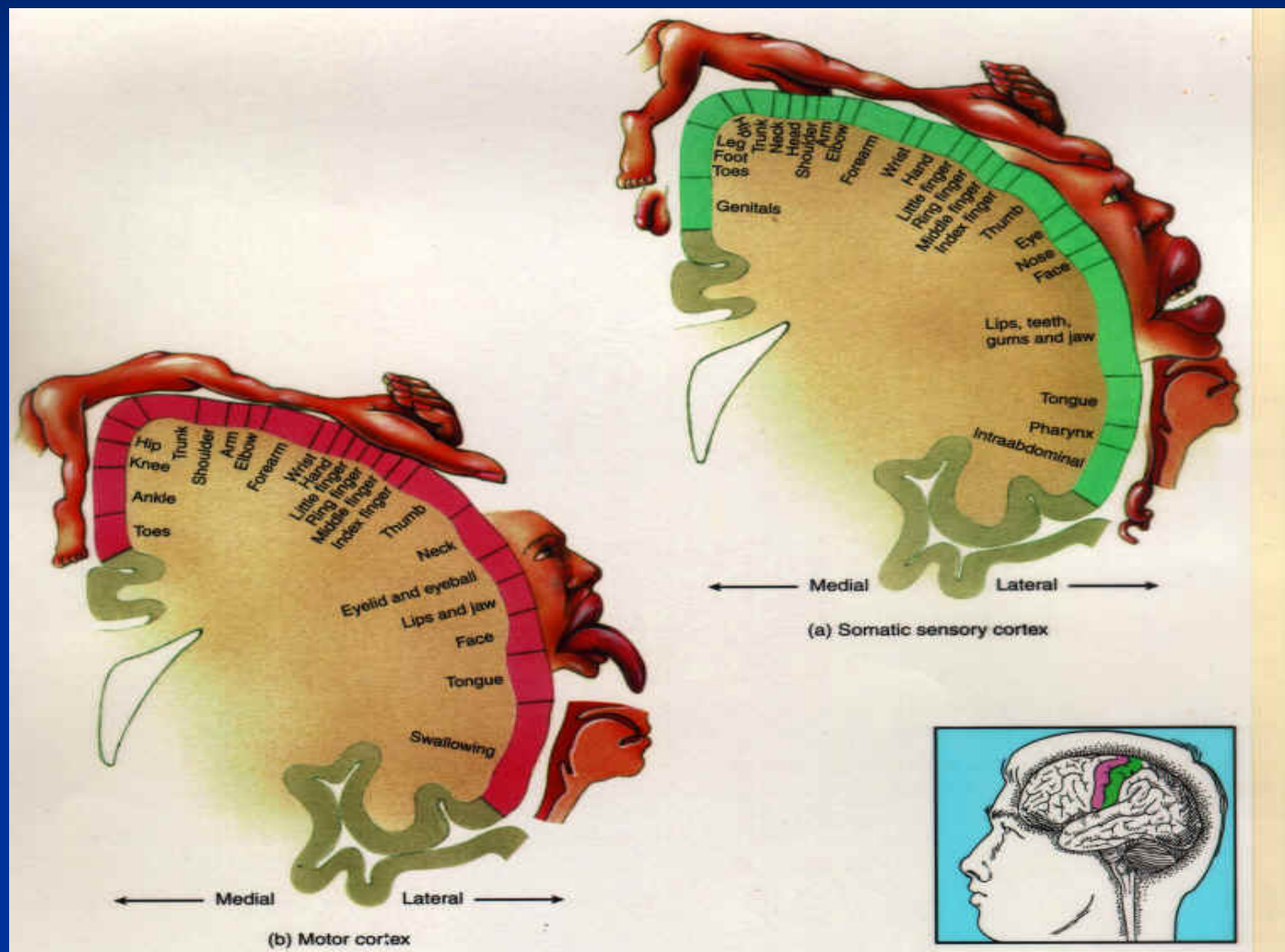
## 2. Somatosensory cortex

- עיבוד סנסורי דיסקרימינטיבי של כאב

- במיוחד לוקליזציה



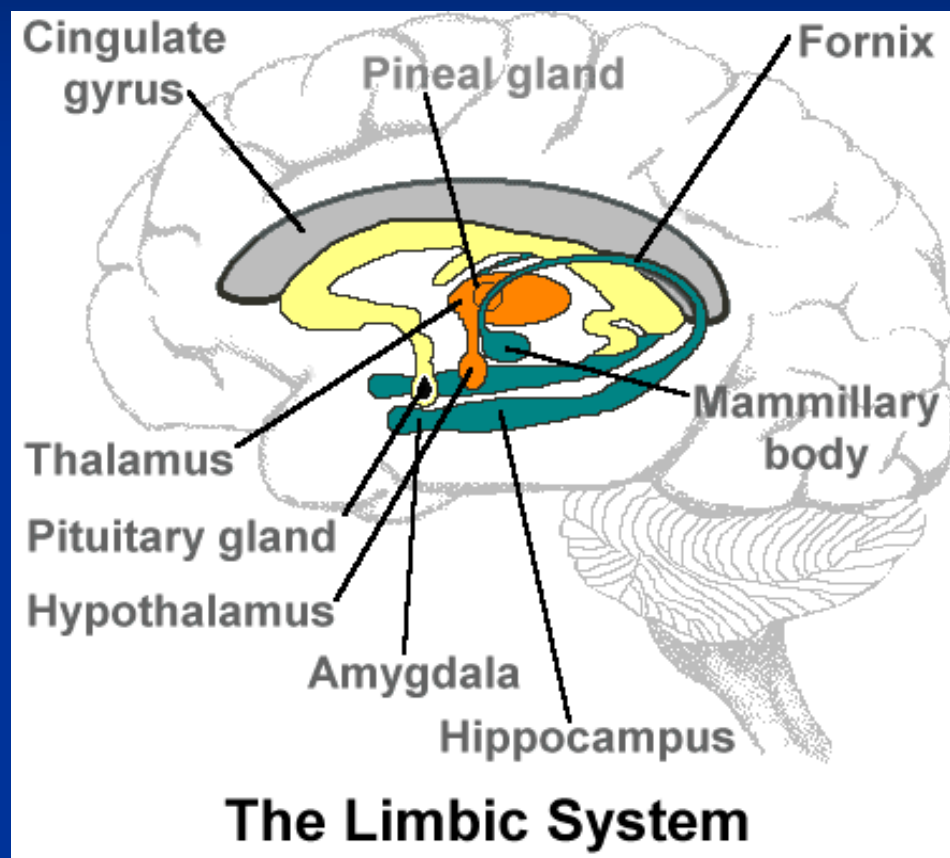
# המפה הסומטוטופית במח - לא של כאב



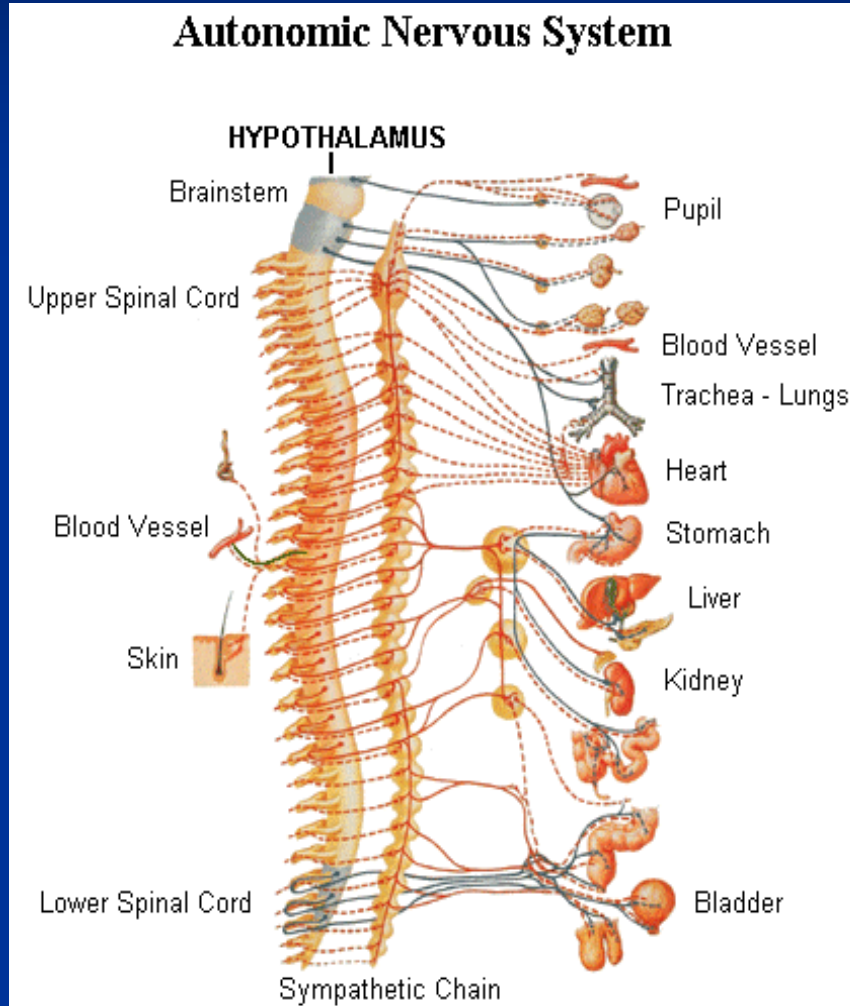
### 3. Limbic system and Hypothalamus

■ תגובות אוטונומיות  
רגולטוריות לכאב

■ אספקטים ריגשיים של  
כאב והתנהגותיים  
(מצוקה, סבל, חוסר  
אונים, דכאון, בכי)



# הפעלת ההיפותלמוס ← המע' הסימפטטית



■ רפרטואר התגובות-  
דומה לזה של סטרסורים  
אחרים

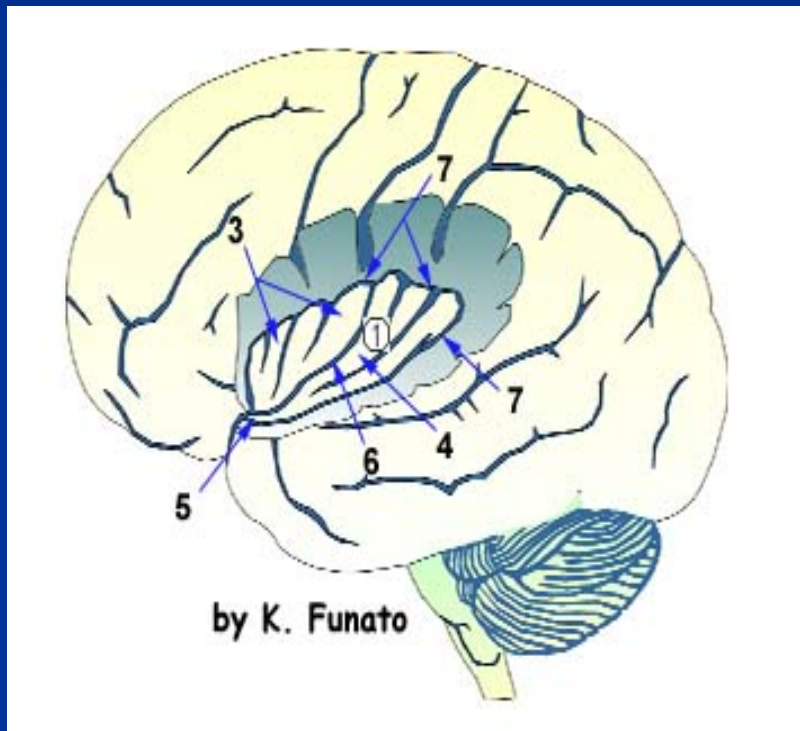
■ הפעלת מערכות רבות  
בגוף

## תגובות אוטונומיות לכאב אקוטי

- מע' נירואנדוקרינית- קטכולאמינים ↑↑ קורטיזול ↑ (סמנים סימפטטים, חרדה, מתח שרירי מוגבר)
- מע' נשימה- היפרוונטילציה
- מע' קרדיווסקולרית- ל"ד ↑, דופק ↑
- מע' עיכול- שחרור גסטרין (מיצי קיבה) ↑, עיכוב מוטיליות וריקון)



## 4. Insula, Cingulate cortex, Frontal cortex

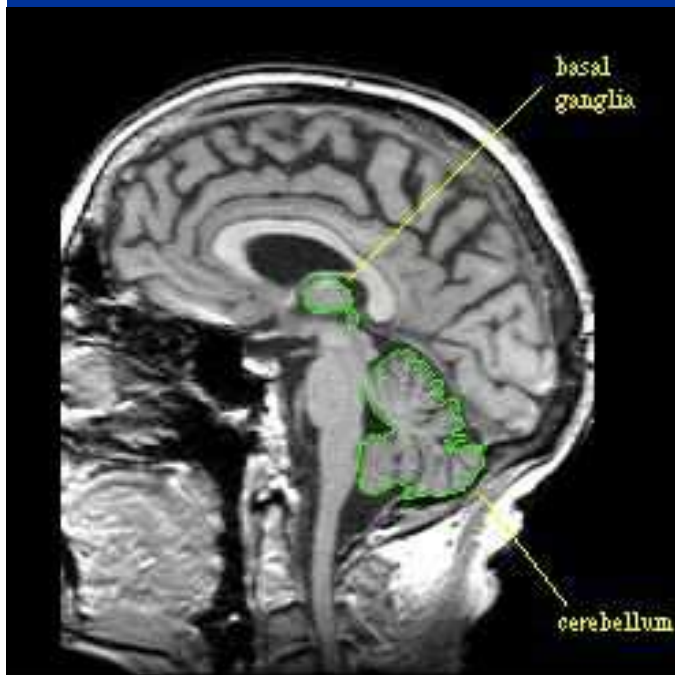


עיבודים קוגניטיביים:

- מחשבות
- אסטרטגיות
- חלוקת קשב
- התנהגות

## 5. Cerebellum, Motor cortex, Basal ganglia

- רפלקסים מקומיים ולא גלובליים
- פעילות מוטורית מקומית (שפשוף האזור הכאוב)
- פעילות גלובלית (בריחה, מימוש אסטרטגיות)



● בניגוד לכאב אקוטי הנחשב "מאורע", כאב כרוני הינו "מצב"

● לכאב כרוני השלכות מרחיקות לכת על מערכות הגוף

