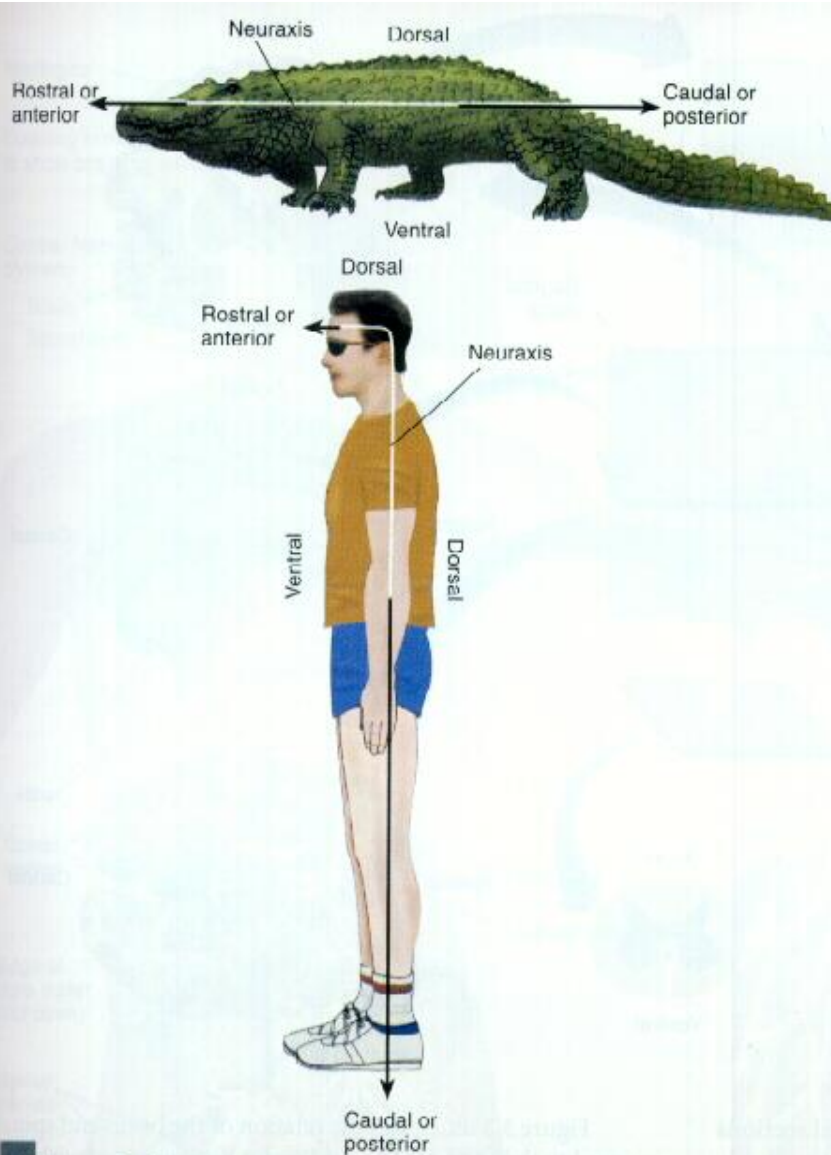


האנטומיה של מערכת העצבים (Neuroanatomy)



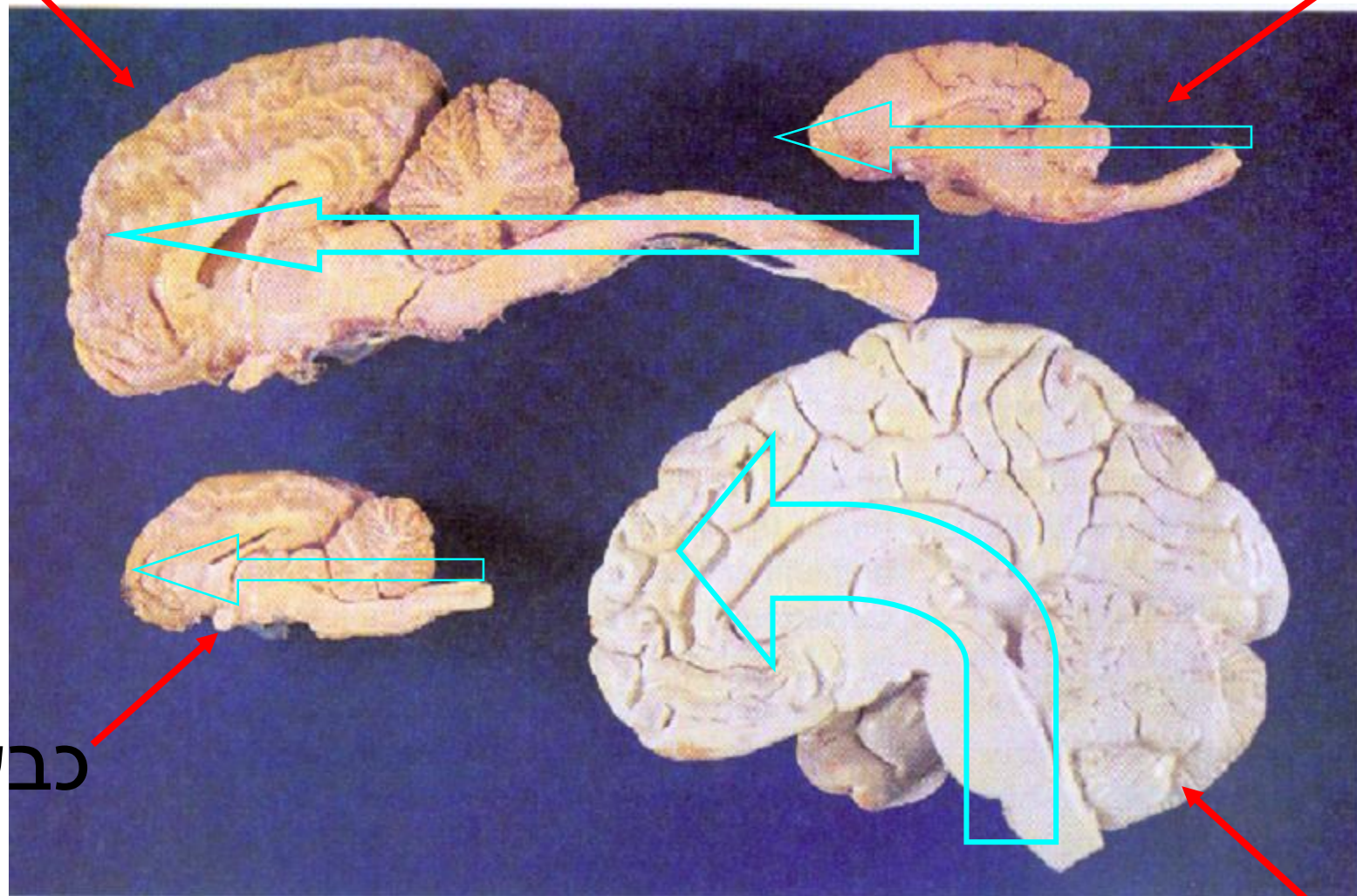
הציר העצבי- Neuraxis



- את הכיוונים במערכת העצבים נוהגים לתאר על פי יחסם לציר העצבי (neuraxis), קו דמיוני הנמשך לאורך עמוד השדרה עד החלק הקדמי ביותר של המוח.
- לחיות נמוכות בסולם האבולוציה, יש Neuraxis ישר. למשל, אצל התנין נוכל למתוח קו ישר המתחיל בין עיניו ונמשך במרכז מוח השדרה שלו לכוון הזנב.
- כיוון שבני אדם עומדים זקופים, הציר העצבי מתכופף באזור הראש, כלומר עובר מעין "קיפול" של 90° .

סיו

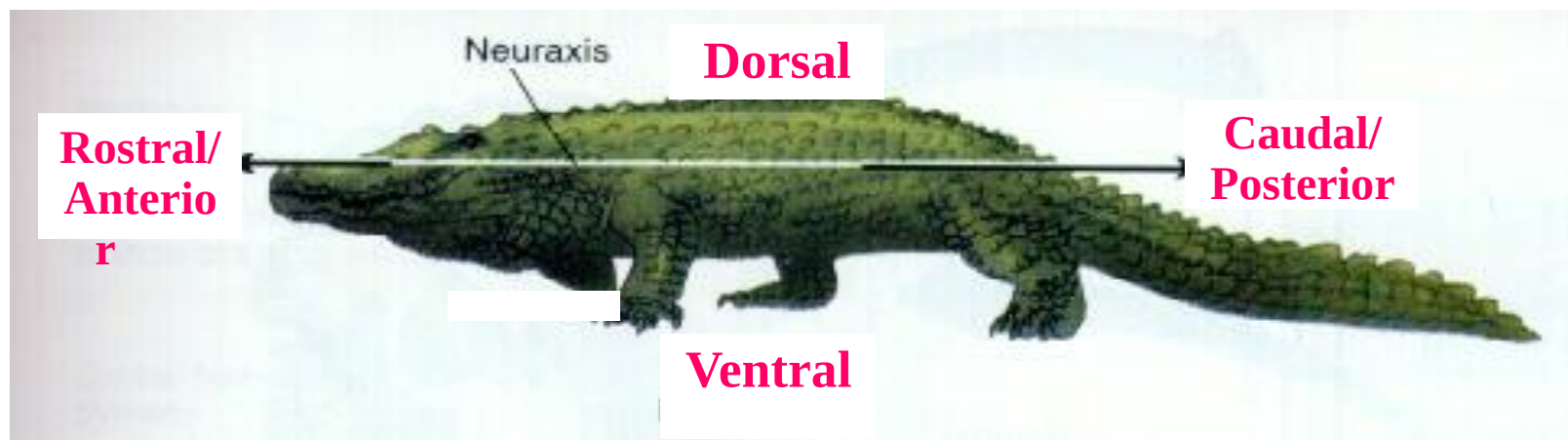
כלב



כבשה

אדם

כיוונים במערכת העצבים

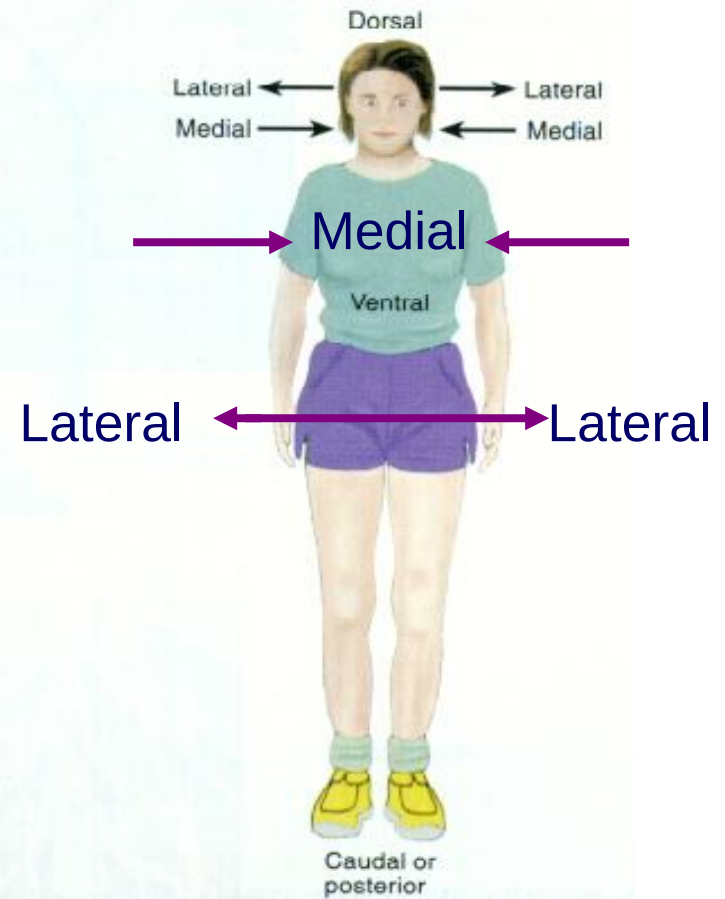
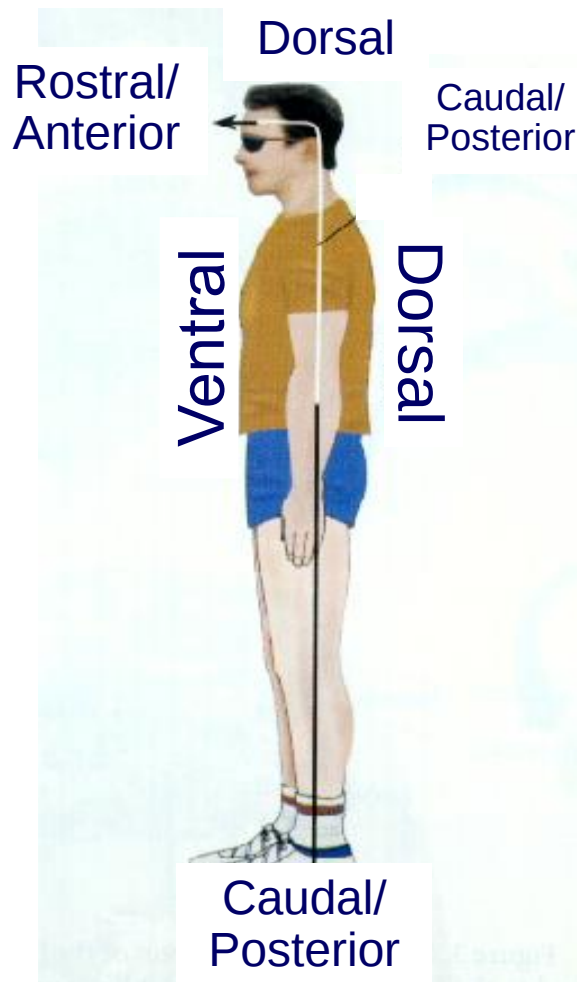


כדי לתאר את המיקום היחסי של אזורי המוח, אנו משתמשים במערכת של שלושה צירים:

הציר הרוסטרלי – קאודלי

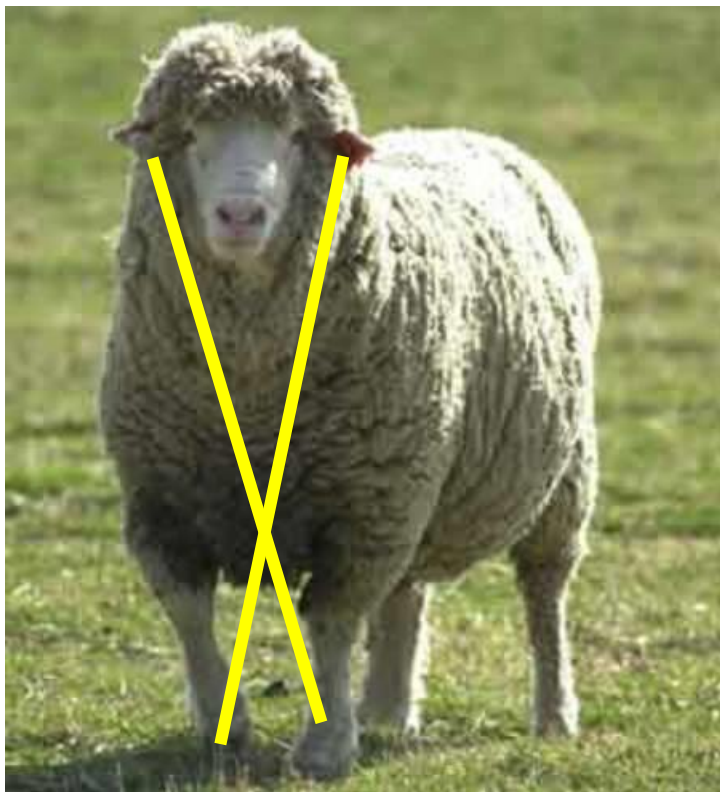
הציר הדורסלי – וונטרלי

הציר הלטרלי – מדיאלי

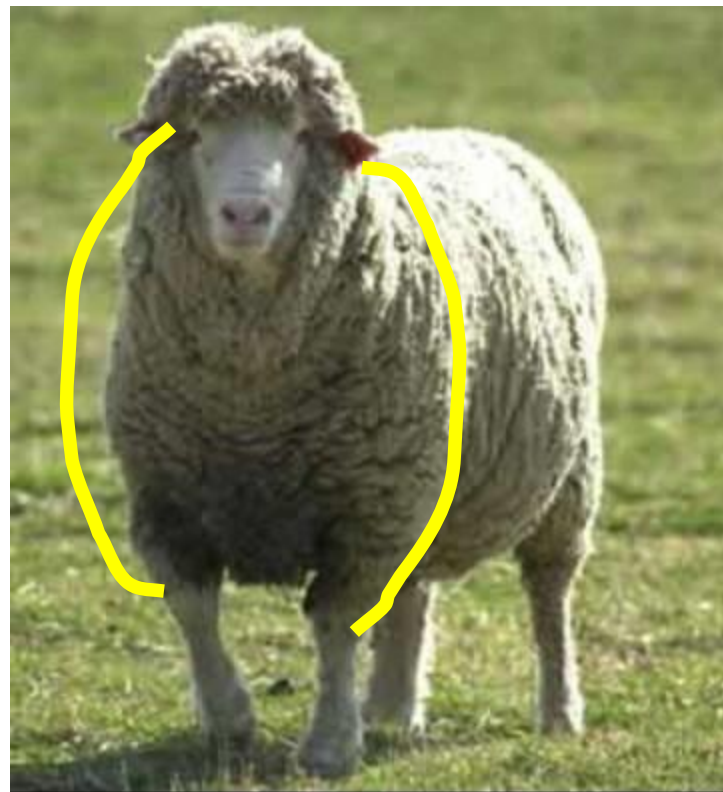


בגלל הכיפוף של הציר העצבי באדם, שני הצירים – הרוסטרלי-קאודלי והדורסלי-וונטרלי מקבלים כפוף של 90° ביחס לחוט השדרה. כך למשל, בחוט השדרה דורסלי הוא לכוון הגב ווונטרלי לכוון הבטן, בעוד שבמח דורסלי הוא למעלה ווונטרלי זה למטה. הציר המדיאלי-לטרלי נשאר קבוע.

כיוונים במערכת העצבים



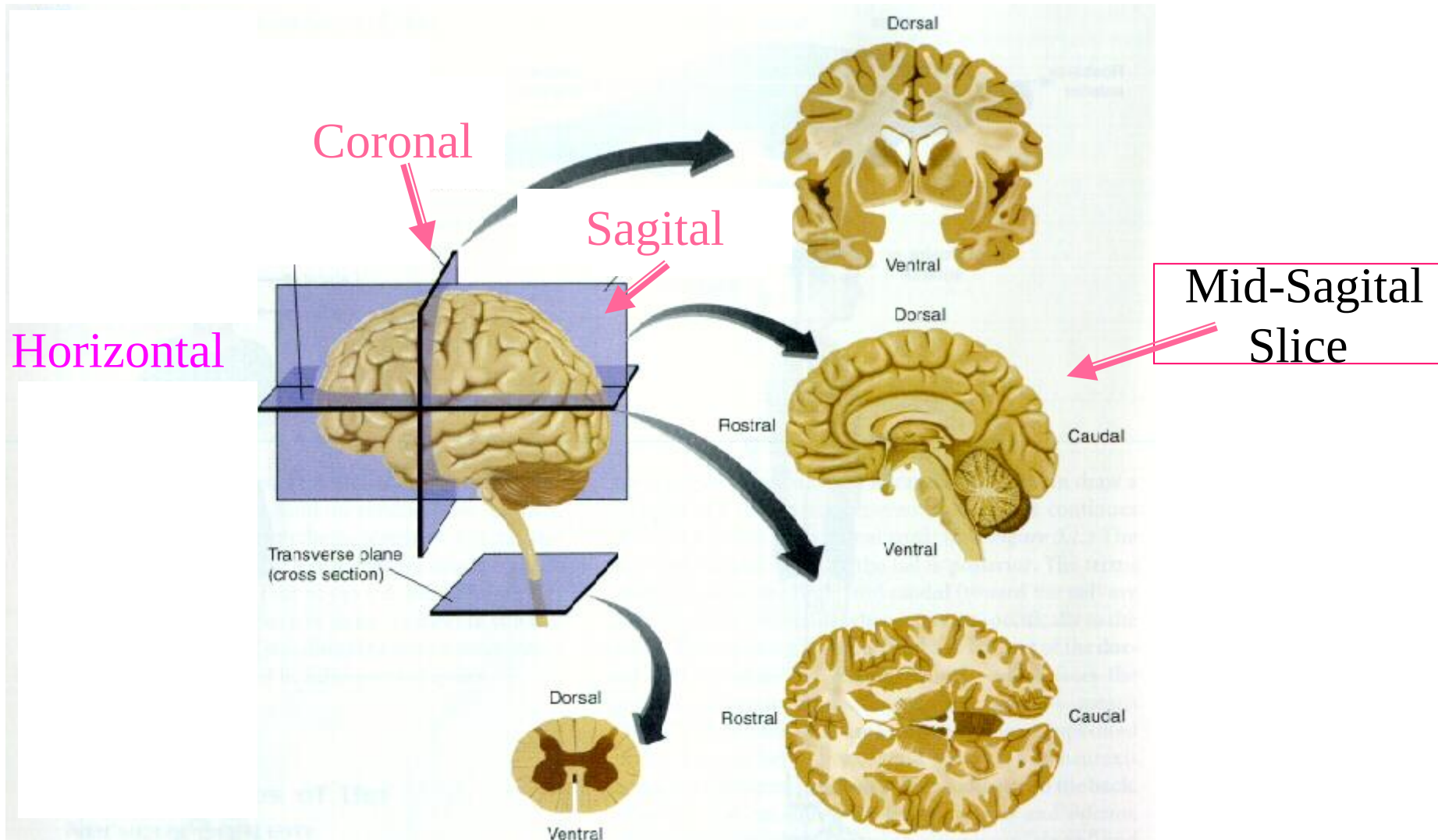
קונטרלטרלי



איפסילטרלי

מערכות עצביות יכולות לעבור מצד לצד של המוח או בין המוח ובין הגוף. כשמדברים על החבוריות בין אזורים ניתן לדבר על חבוריות באותו צד – איפסילטרלי, או חבוריות עם הצד הנגדי – קונטרלטרלי.

כדי ללמוד על מבנה המוח ניתן לבחון בחתכים (מעין פרוסות) של המוח. חתכים כאלה ניתן לעשות בפועל, על מוח של חיות או אנשים מתים, או באופן וירטואלי, באמצעות מכשירי הדמייה. ניתן לחתוך את המוח בשלושה מישורים: קורונלי – ניצב לציר הרוסטרלי-קאודלי, סגיטלי – במקביל לציר העצבי (למשל חיתוך המוח לשתי ההמיספרות תהווה חתך מיד-סגיטלי (mid-sagittal)), והוריוזונטלי – במקביל למישור הקרקע.



מערכת העצבים The Nervous system

מערכת העצבים המרכזית
Central Nervous System (CNS)

מערכת העצבים הפריפרלית
Peripheral Nervous System (PNS)

מח (Brain)

חוט השדרה
(Spinal cord)

מערכת העצבים הסומטית
Somatic Nervous System

מערכת העצבים האוטונומית
Autonomic Nervous System

מערכת העצבים הפרהסימפטטית
Parasympathetic Nervous System

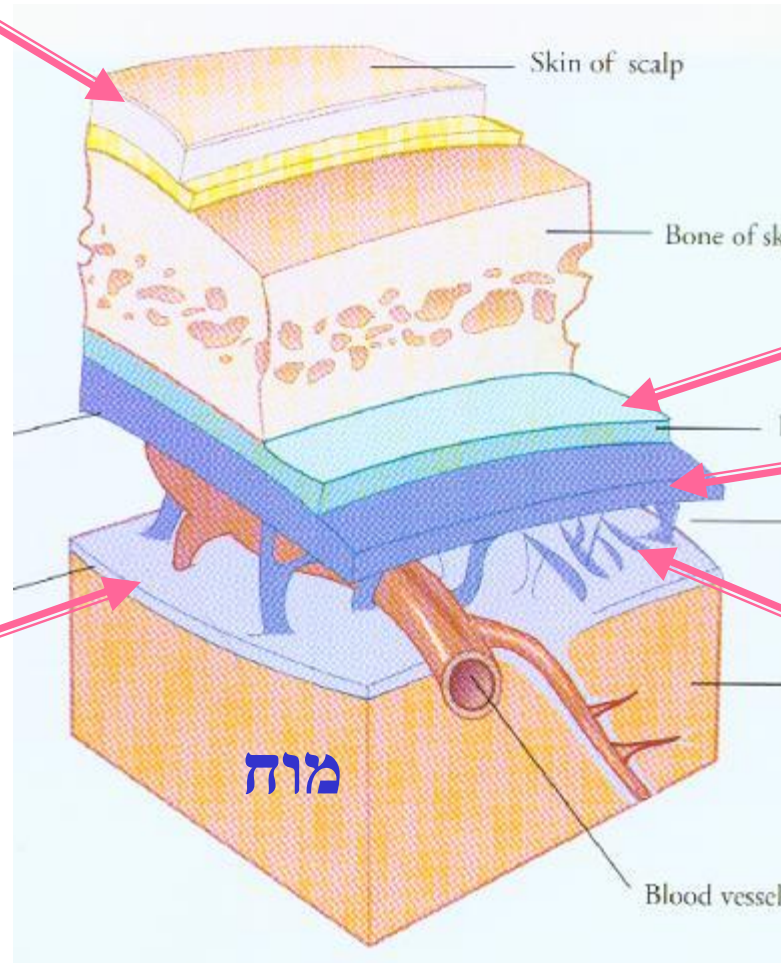
מערכת העצבים הסימפטטית
Sympathetic Nervous System

מצויה תחת עצם

לא מצויה תחת עצם

Meninges - קרומי המוח

קרקפת
וגולגולת



Dura

שכבה עבה וקשיחה
(מספקת הגנה למוח)

Arachnoid
שכבה ספוגית

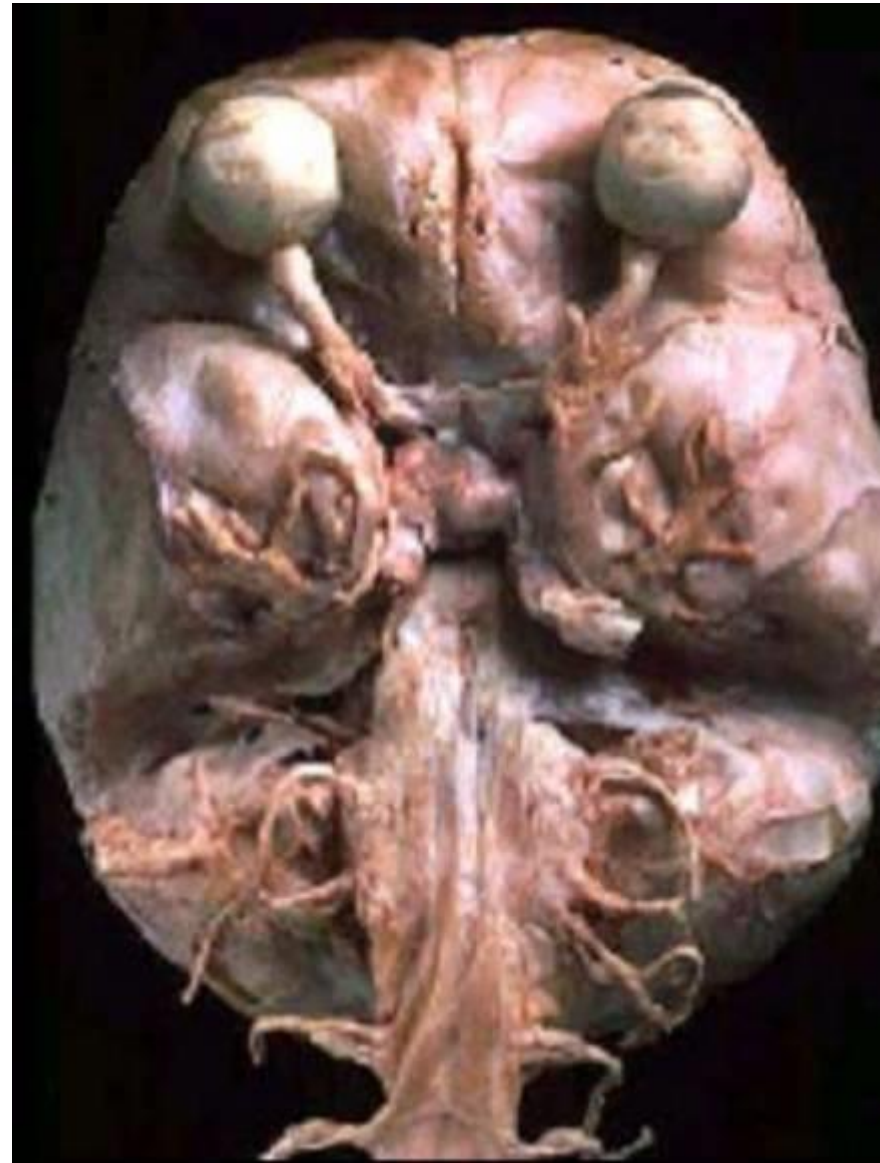
**subarachnoid
Space**

Pia

שכבה דקה
העוקבת אחר
כל קפלי המוח

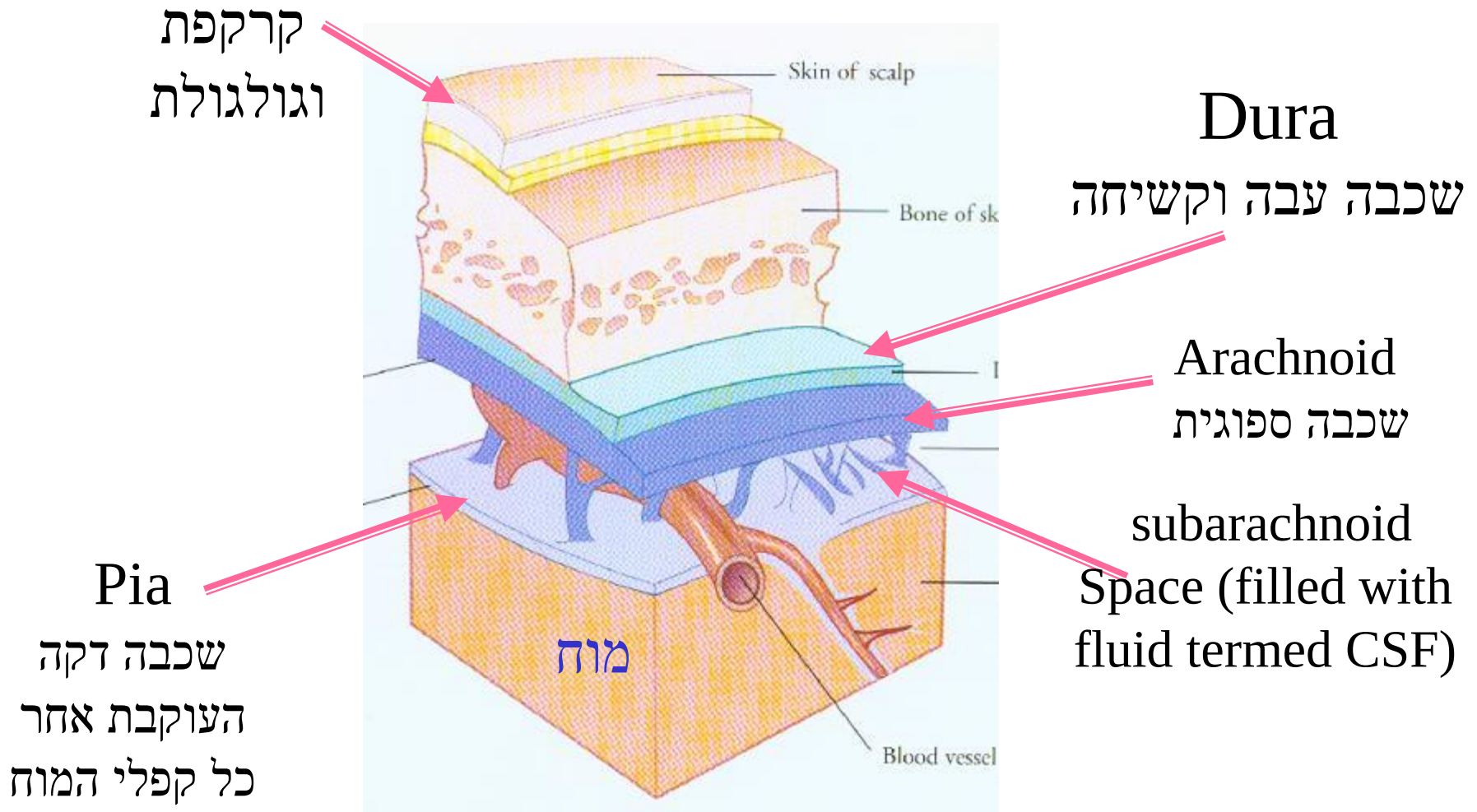


Without dura mater



With dura mater

Meninges - קרומי המוח

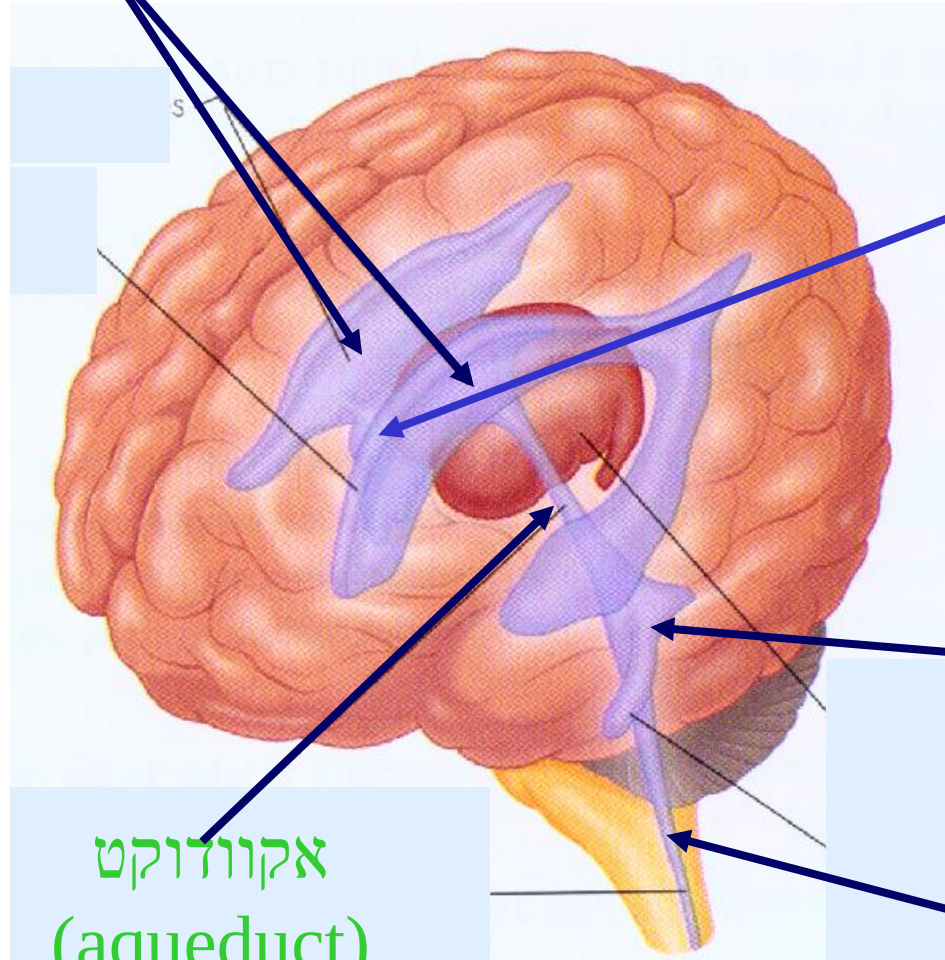


חדרי המוח (Ventricles)

חדרים לטרלים

(Lateral ventricles)

המח מוקף כולו בנוזל ה-CSF, שנמצא בשכבה הספוגית של קרום הארכנואיד. גם בתוך המח עצמו יש מערכת של חללים שמלאים בנוזל ה-CSF. חללים אלו נקראים חדרי המח (ventricles). בחלק העליון של המח, משני הצדדים, ממוקמים שני החדרים הטרלים, בחלק האמצעי של המח, ממש במרכז, נמצא החדר השלישי, ובחלק האמצעי התחתון של המח נמצא החדר הרביעי.

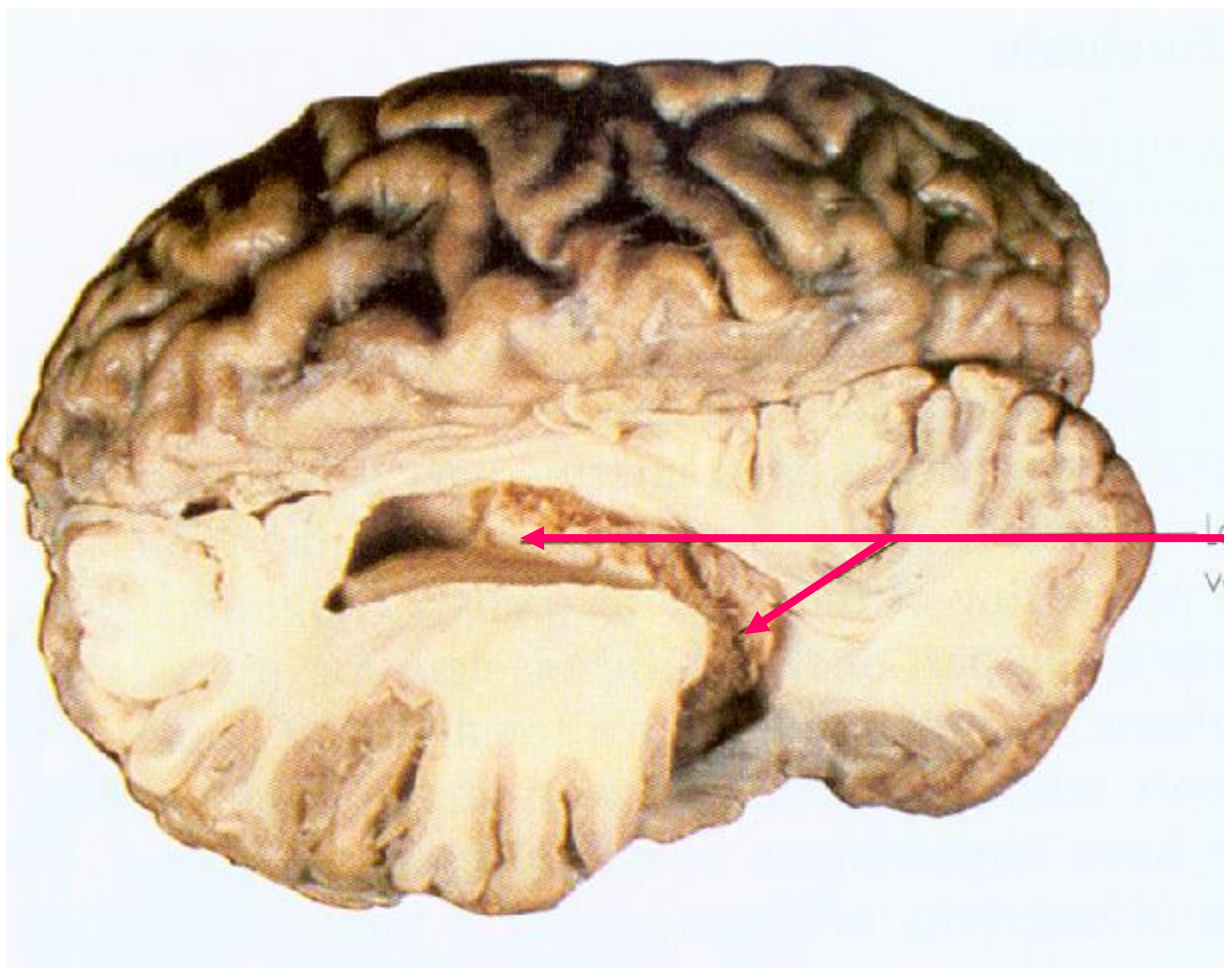


חדר שלישי
(3rd ventricle)

חדר רביעי
(4th ventricle)

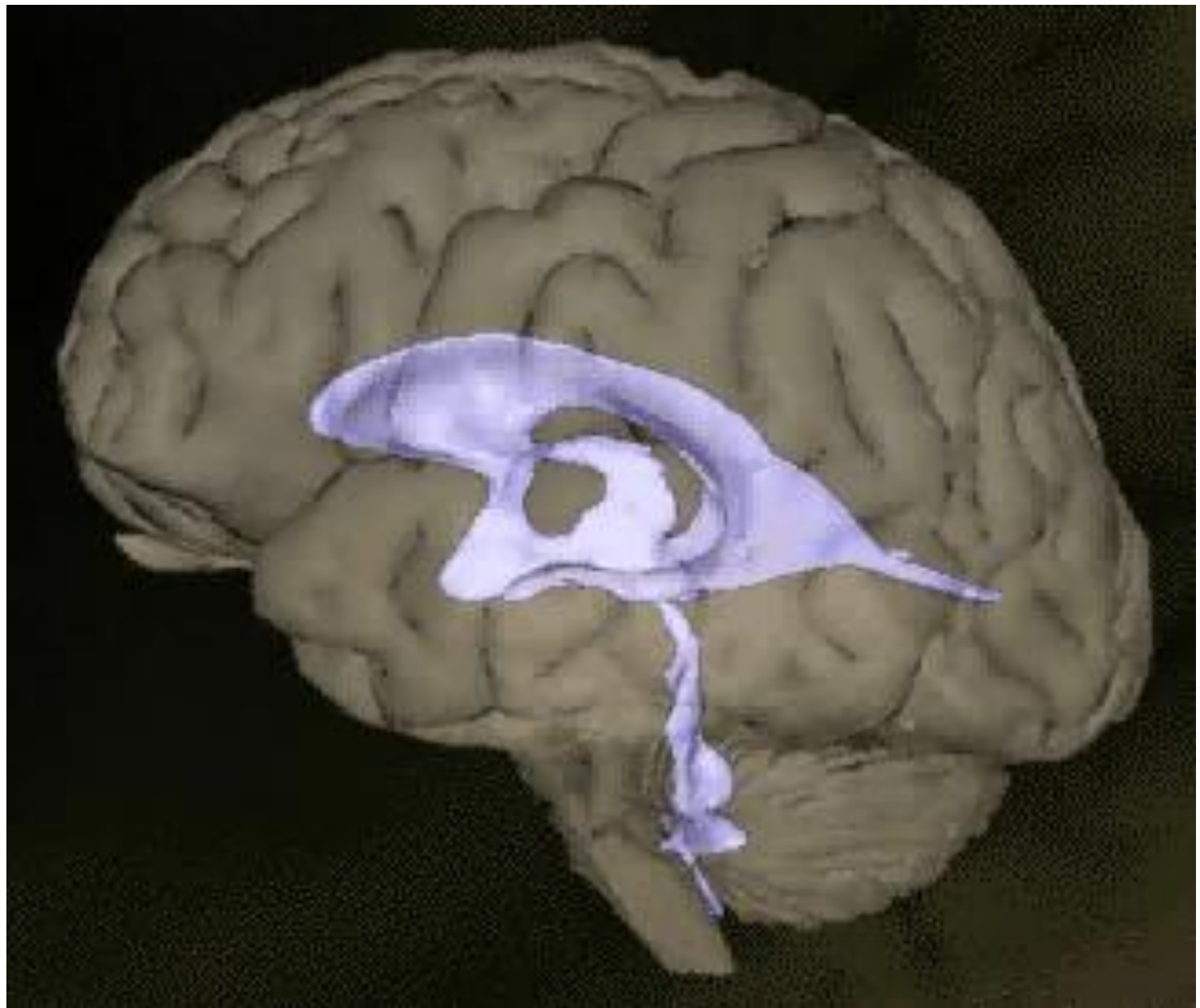
התעלה המרכזית
(Central canal)
של חוט השדרה

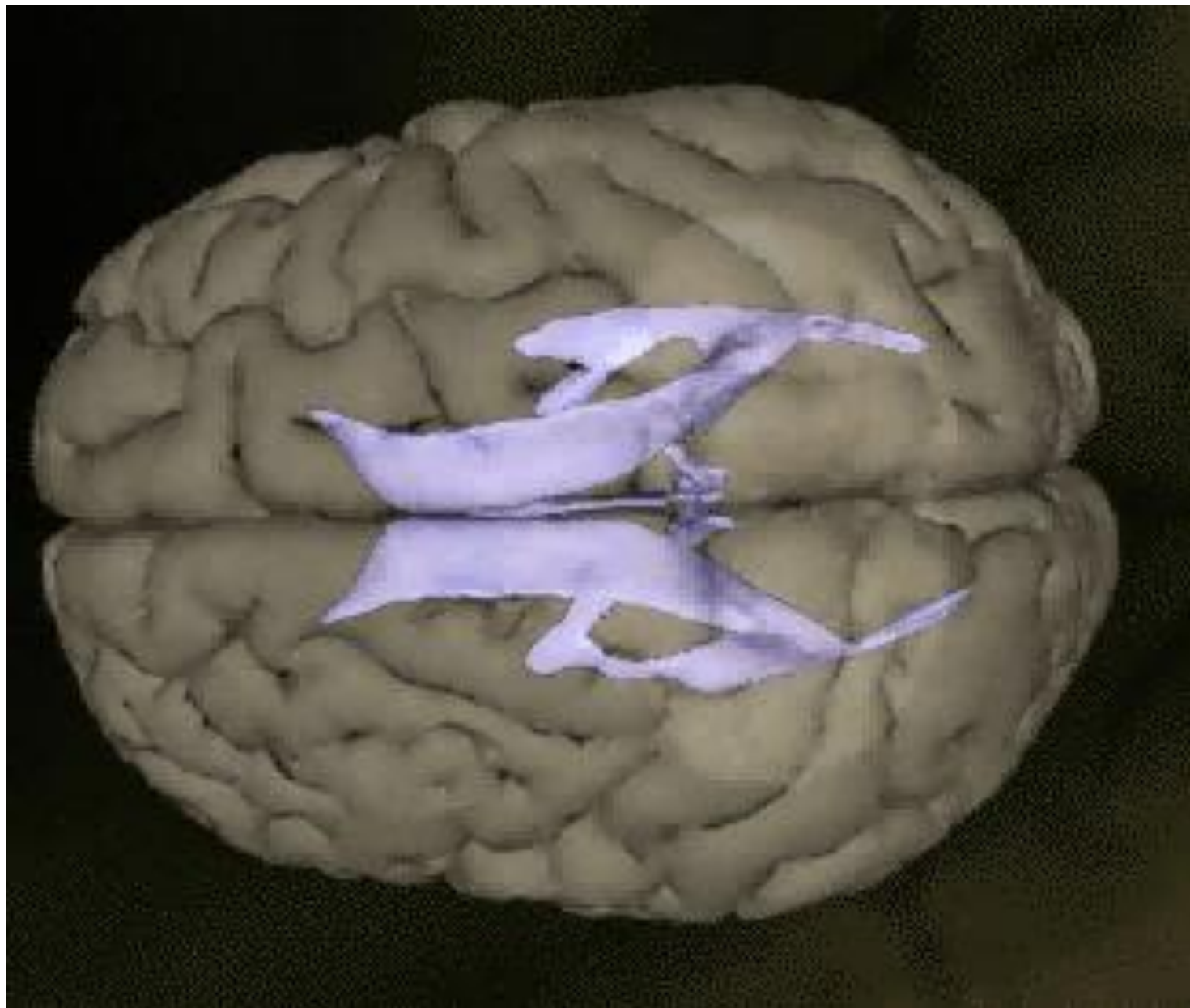
אקוודוקט
(aqueduct)



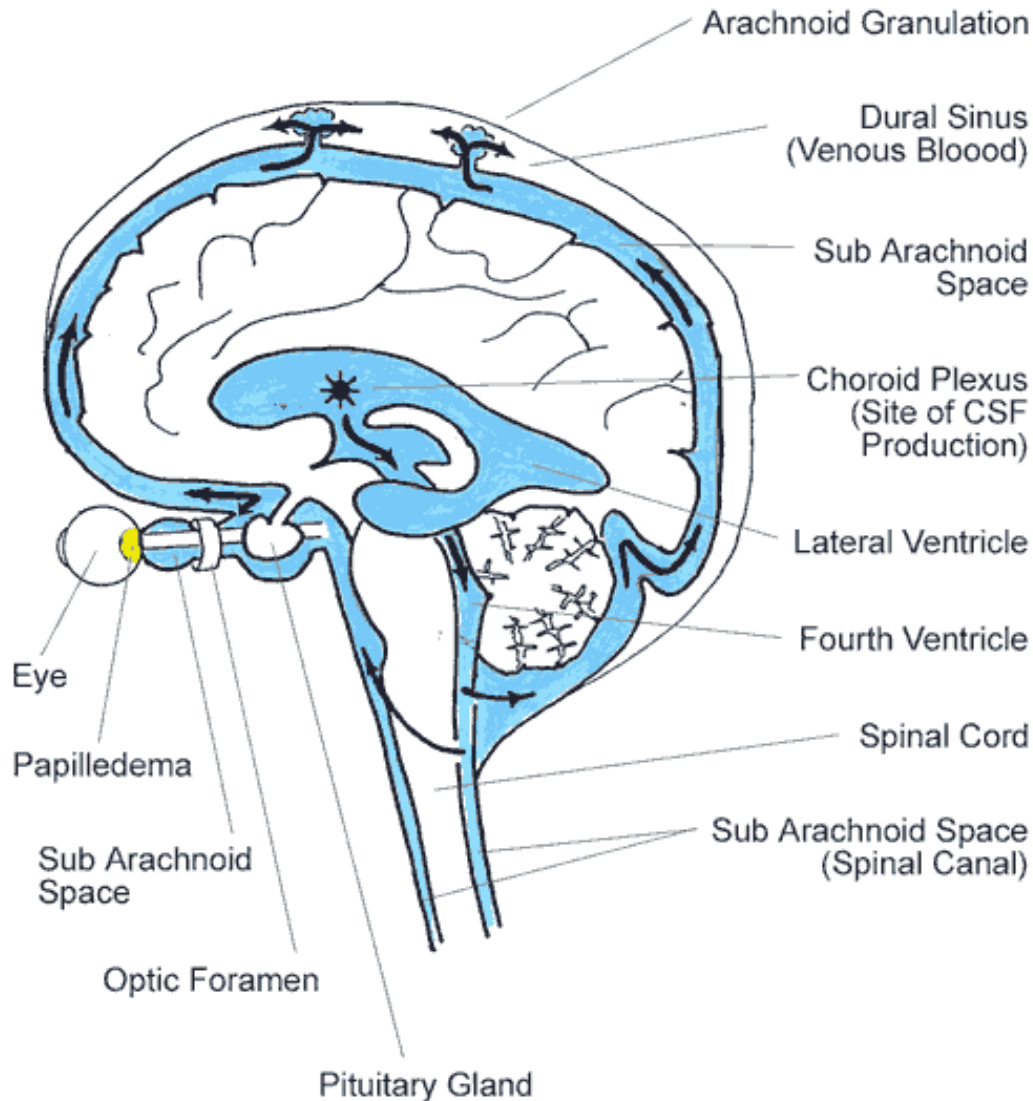
חדר לטרלי

החדרים הלטרלים יוצרים מבנה מורכב, דמוי האות C הפוכה





Cerebrospinal fluid (CSF) flow



- ה-CSF נוצר על ידי ריקמת תאים שמצפה את דפנות החדרים, בעיקר הלטרלים, שנקראת ה- **choroid plexus**.

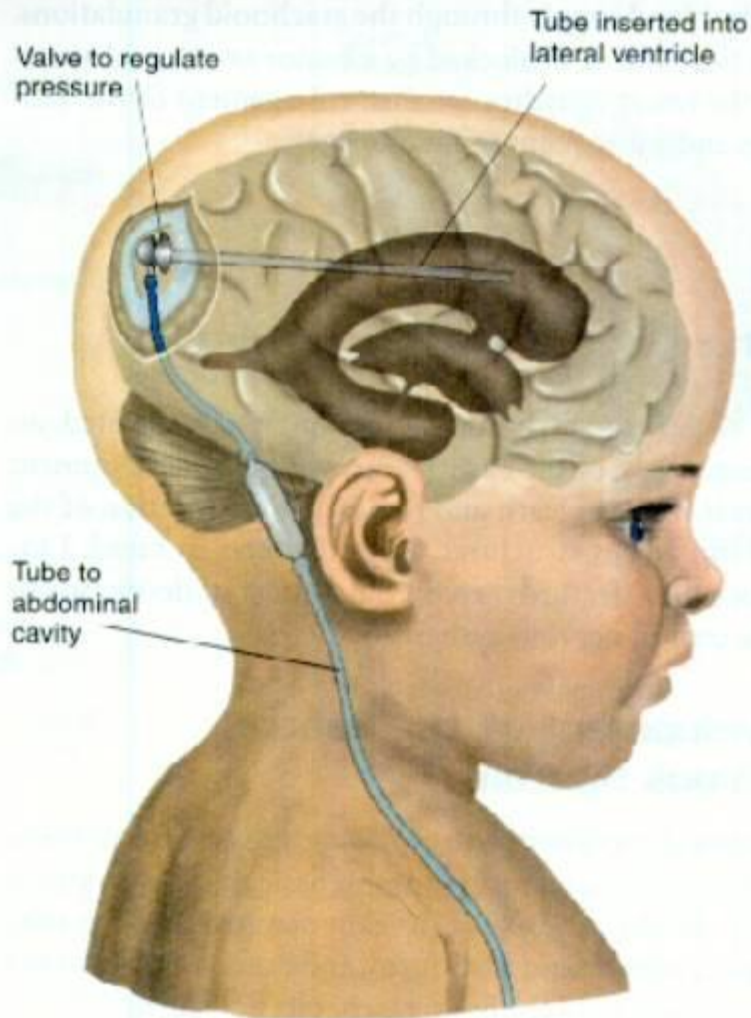
- מהחדרים הלטרלים ה-CSF זורם לחדר השלישי, ומשם לרביעי.

- מהחדר הרביעי יש חיבור ל"תעלה המרכזית" של חוט השדרה.

- החדר הרביעי מחובר עם הארכנואיד דרך פתחים שמאפשרים מעבר של CSF מהחדר אל הארכנואיד המקיף את המח ואת חוט השדרה.

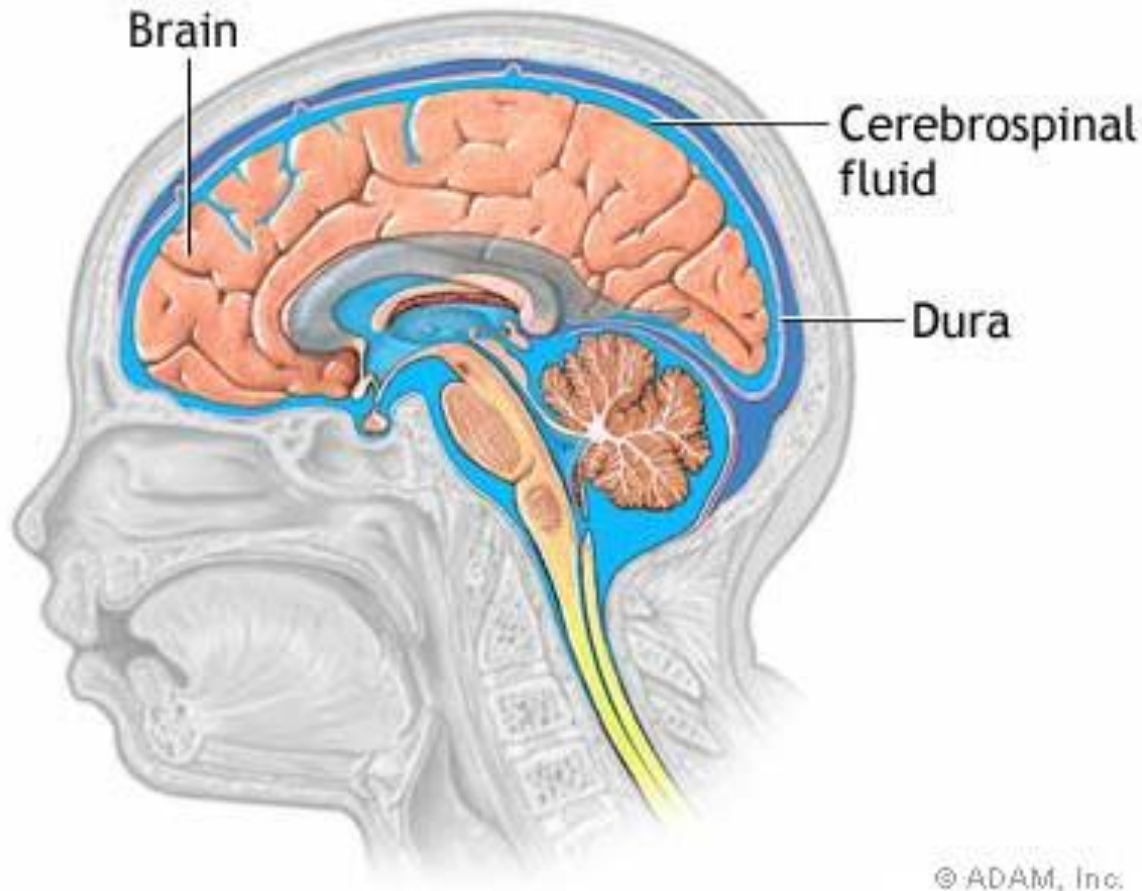
- מתוך הארכנואיד ה-CSF יכול לצאת אל מחזור הדם דרך ה- **Arachnoid Granulations** מעין שסתומים בין הארכנואיד והורידים הגדולים של המח שנקראים סינוסים.

Hydrocephalus



אם נוצרת חסימה של זרימת ה-CSF במח, או על ידי מום מלידה או על ידי גידול סרטני, נוצר לחץ בחדרי המח כיון שה-CSF ממשיך להיווצר. במצב כזה יש פגיעה ברקמות שנמצאות ליד החדרים. אם זה קורה מהלידה יש גידול יתר של הגולגולת והראש, כיון שהעצם עדיין רכה, ומקבלים תופעה שנקראת הידרוצפלוס.

תפקידי ה-CSF



- **בולם זעזועים - ה-CSF מגן על הרקמה העדינה של המוח מפני מכות וזעזועים.**
- **הקטנת משקל המוח - עוזר למח, שהוא ריקמה רכה דמוית ג'לטין, לשאת את עצמו, על ידי הקטנת המשקל האפקטיבי מ-1400 גרם ל-80 גרם בלבד.**
- **סילוק חמרי פסולת**

אספקת הדם למוח



המח מקבל ברציפות כ- 20 אחוזים מן
הדם המוזרם מהלב. הדם מגיע אל תאי
המח באמצעות רשת צפופה של כלי
דם (כ 800 (!) קילומטר באדם בוגר)

אספקת הדם רציפה ובלתי מופרעת
חשובה למח יותר מאשר לרקמות
אחרות כיון שהמח כמעט שאינו יכול
לאגור אנרגיה, וגם לא להפיק זמנית
אנרגיה ללא חמצן.

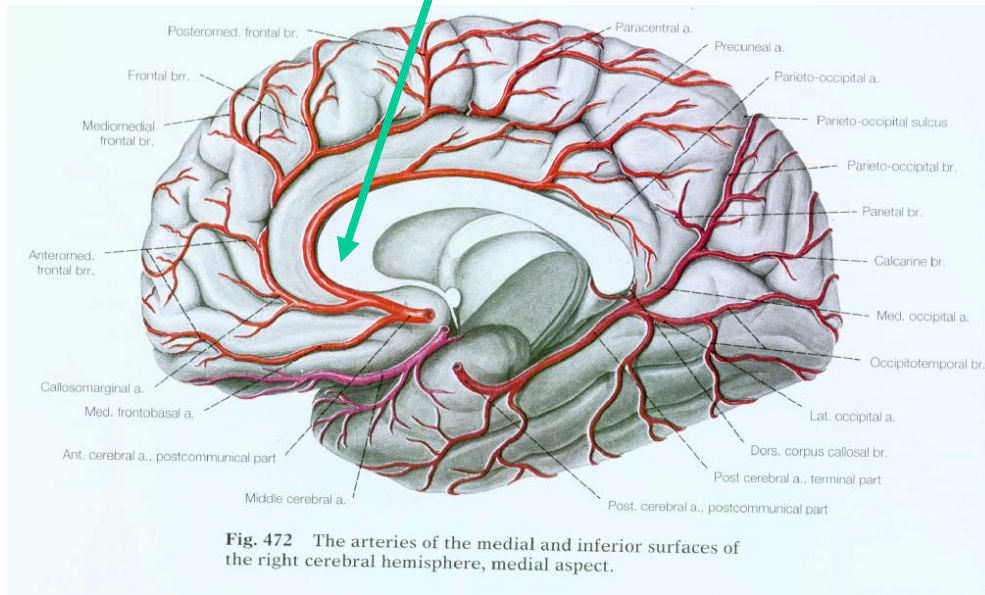
אספקת הדם למוח:

The carotid arteries and the vertebral artery

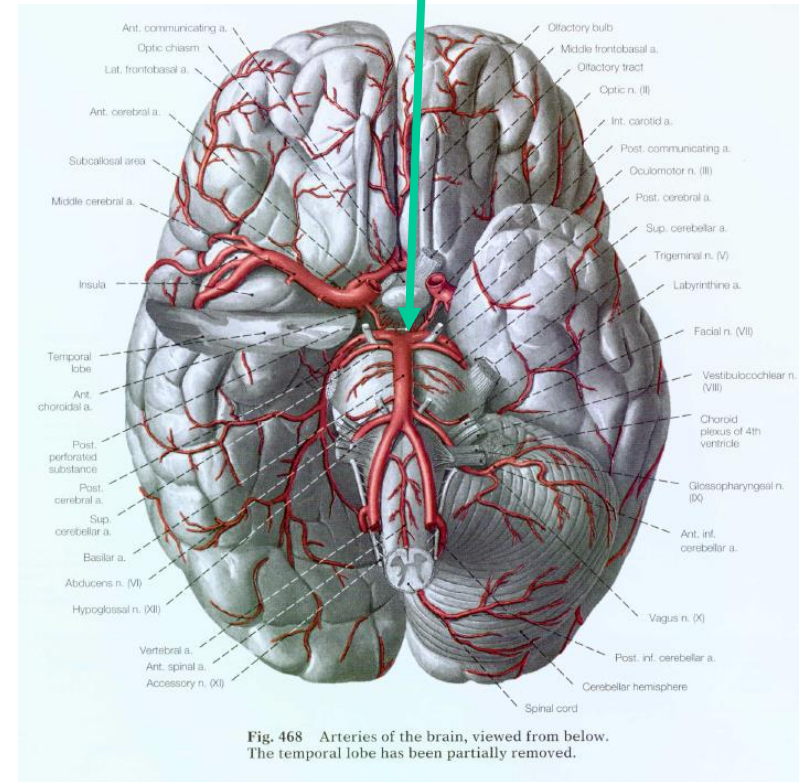
שתי מערכות עיקריות של עורקים משמשות את המוח: עורקי הקרוטיד (carotid arteries) מזינים את חלקו הקדמי והאמצעי והעורק הורטברלי (vertebral artery) את חלקו האחורי.



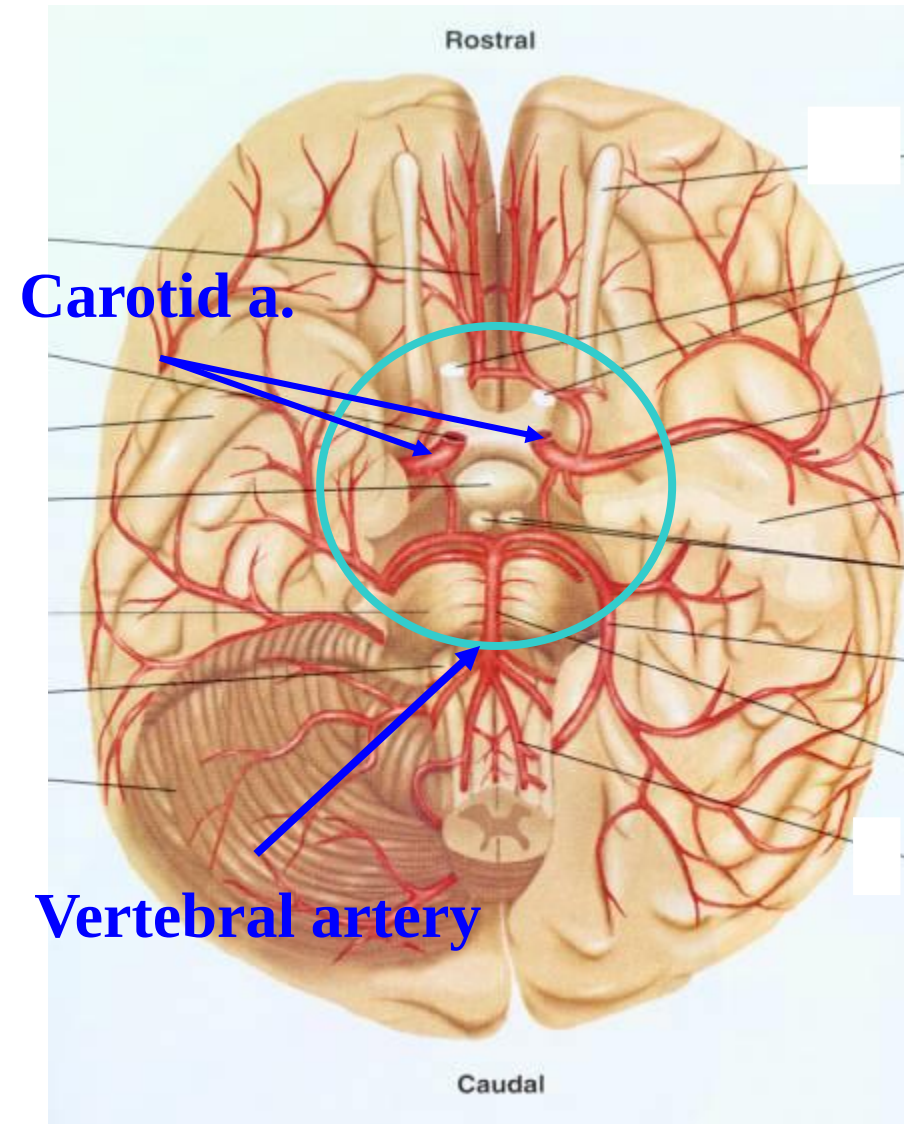
Carotid artery



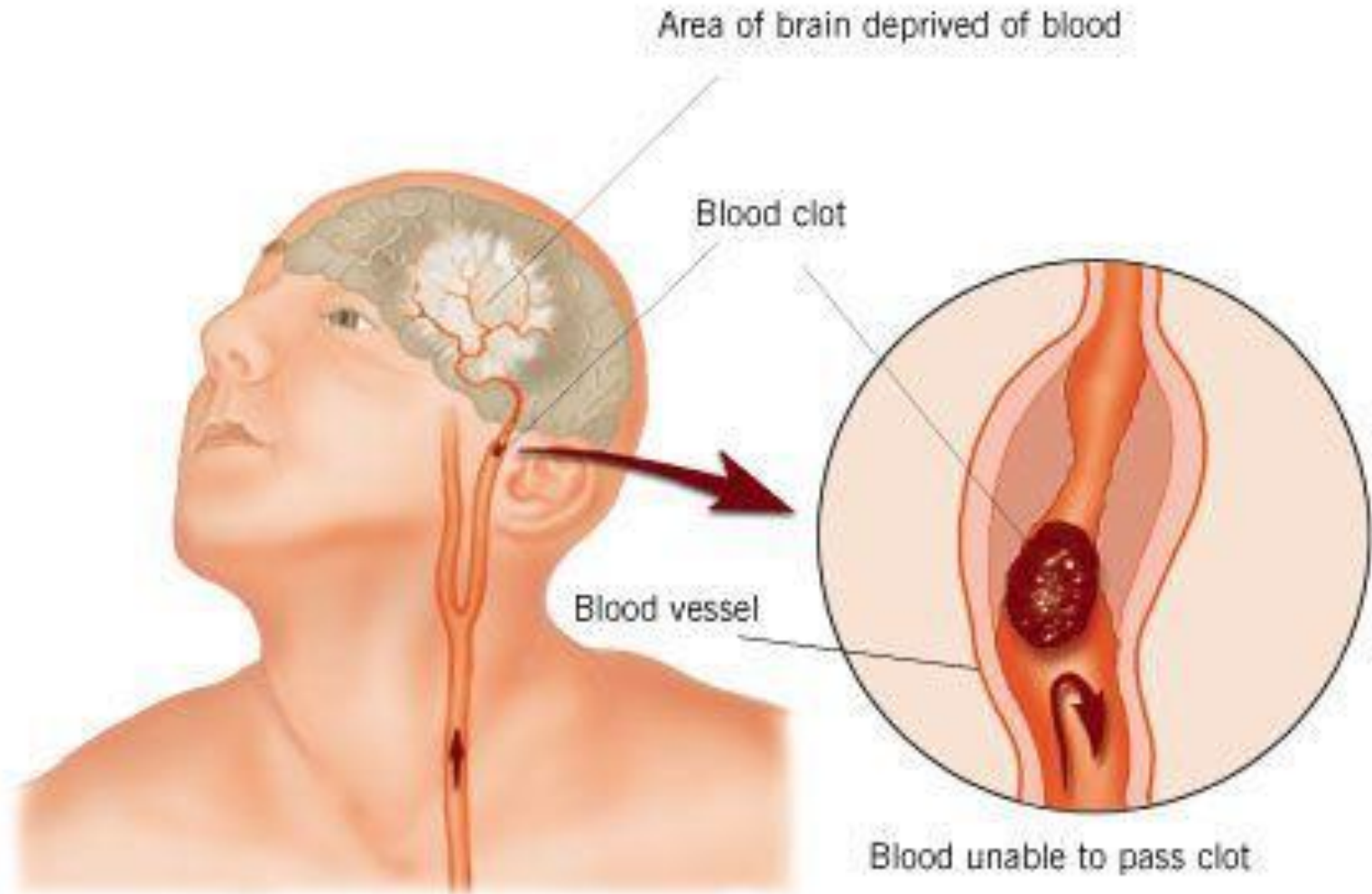
Vertebral artery



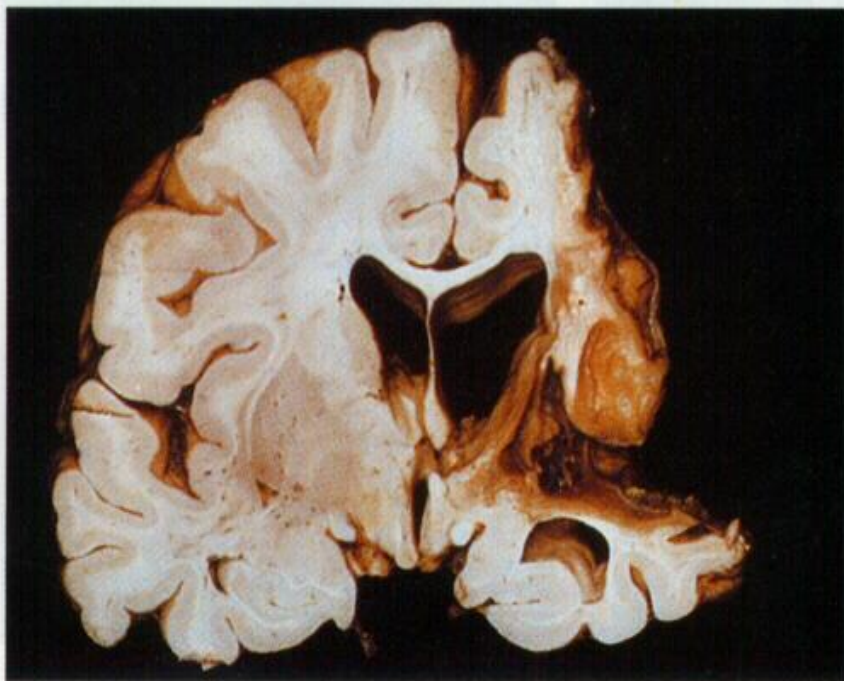
בחלק התחתון של מח, לפני הכניסה של כלי הדם למח יש חפיפה בין חלק ממסלולי הובלת הדם למוח (אזור חפיפה זה מקרא המעגל של וייליס). אם חלה חסימה באחד מכלי הדם הגדולים אל המח יכול הדם לזרום דרך נתיבים חלופיים, ובכך להפחית את הסיכון של העדר אספקת דם ושל הרס רקמה מוחית הבא בעקבותיו.



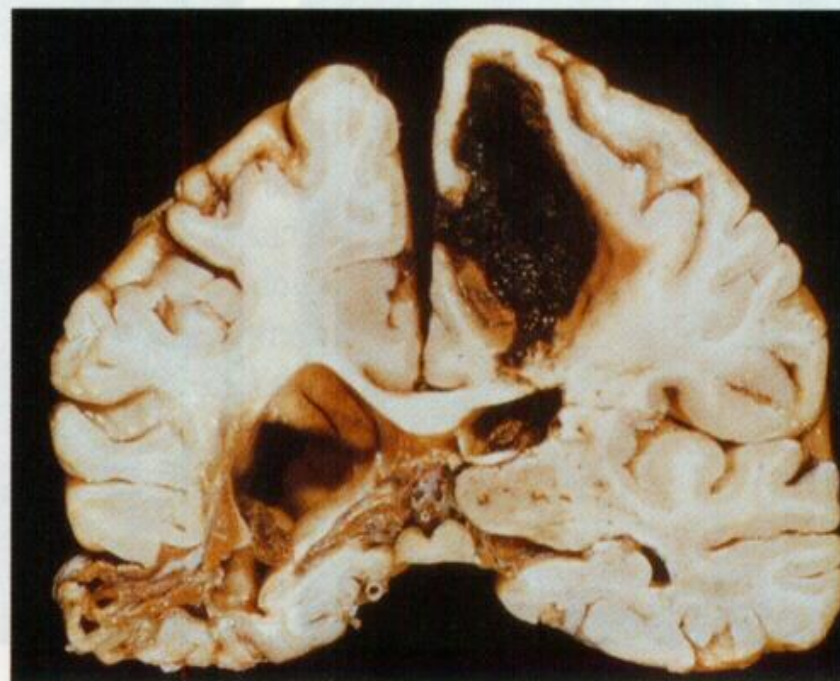
ההשפעה של החפיפה במעגל של וויליס היא מוגבלת. חסר הספקת דם למח, הן בעקבות חסימת כלי דם על ידי קריש דם או כתוצאה מקריעה של כלי דם תוביל לנזק ותמותה של הנוירונים באזור הפגוע. מצב זה נקרא שבץ מוחי (stroke).



נזק בעקבות חסימת
העורק המוחי האמצעי



נזק בעקבות
שטף דם מוחי



מערכת העצבים The Nervous system

מערכת העצבים המרכזית
Central Nervous System (CNS)

מערכת העצבים הפריפרלית
Peripheral Nervous System (PNS)

מח (Brain)

חוט השדרה
(Spinal cord)

מערכת העצבים הסומטית
Somatic Nervous System

מערכת העצבים האוטונומית
Autonomic Nervous System

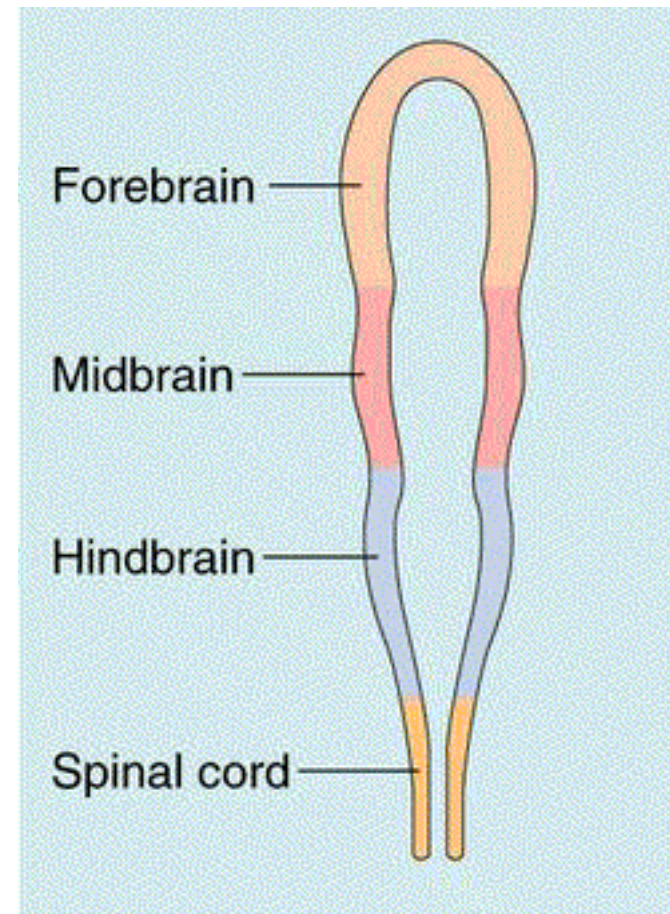
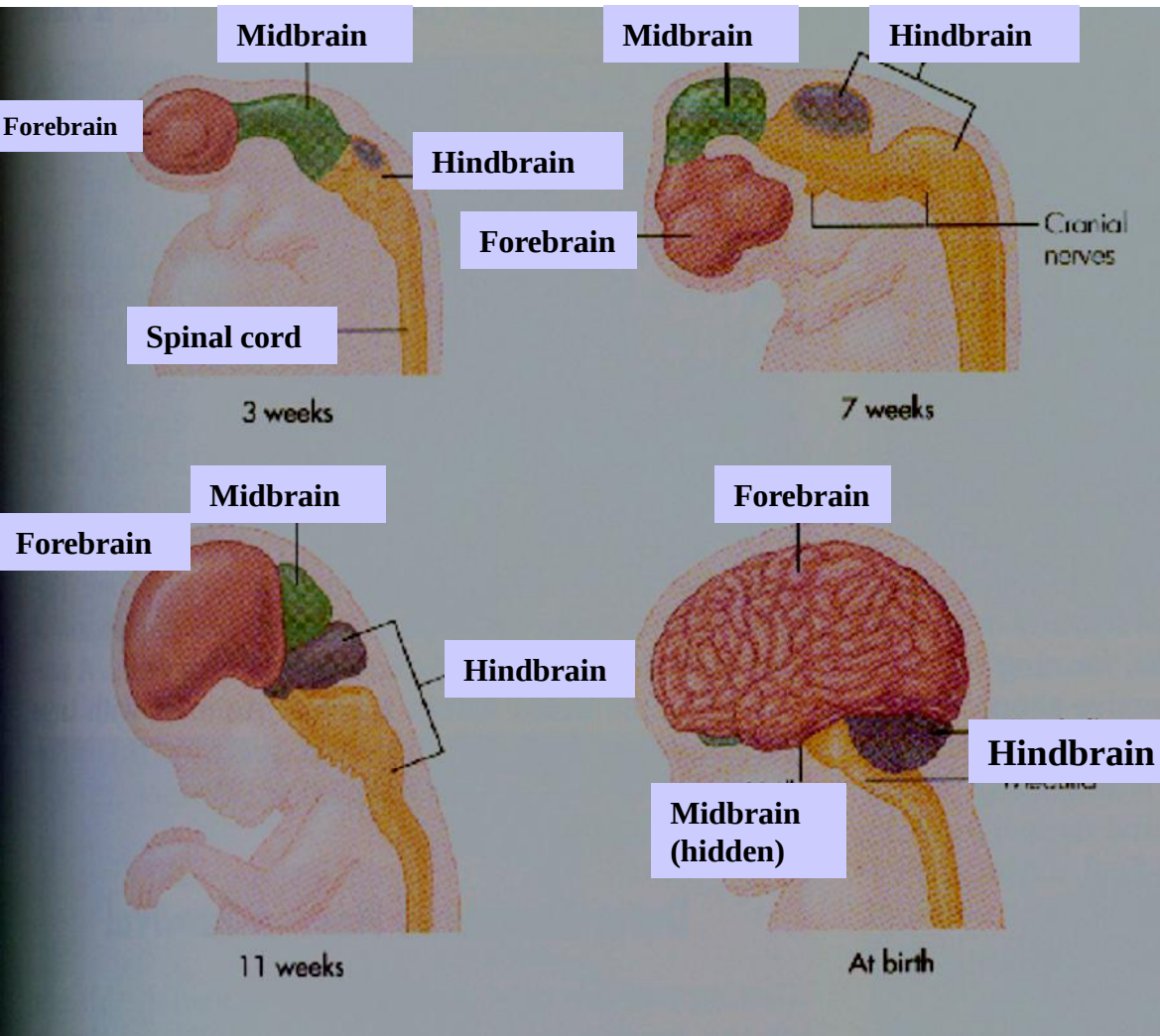
מערכת העצבים הפרהסימפטטית
Parasympathetic Nervous System

מערכת העצבים הסימפטטית
Sympathetic Nervous System

מצויה תחת עצם

לא מצויה תחת עצם

תזכורת לגבי המבנים הבסיסיים של המוח במהלך ההתפתחות העוברית



מערכת העצבים המרכזית

מבט כללי

Central nervous system

Brain •

Cortex •

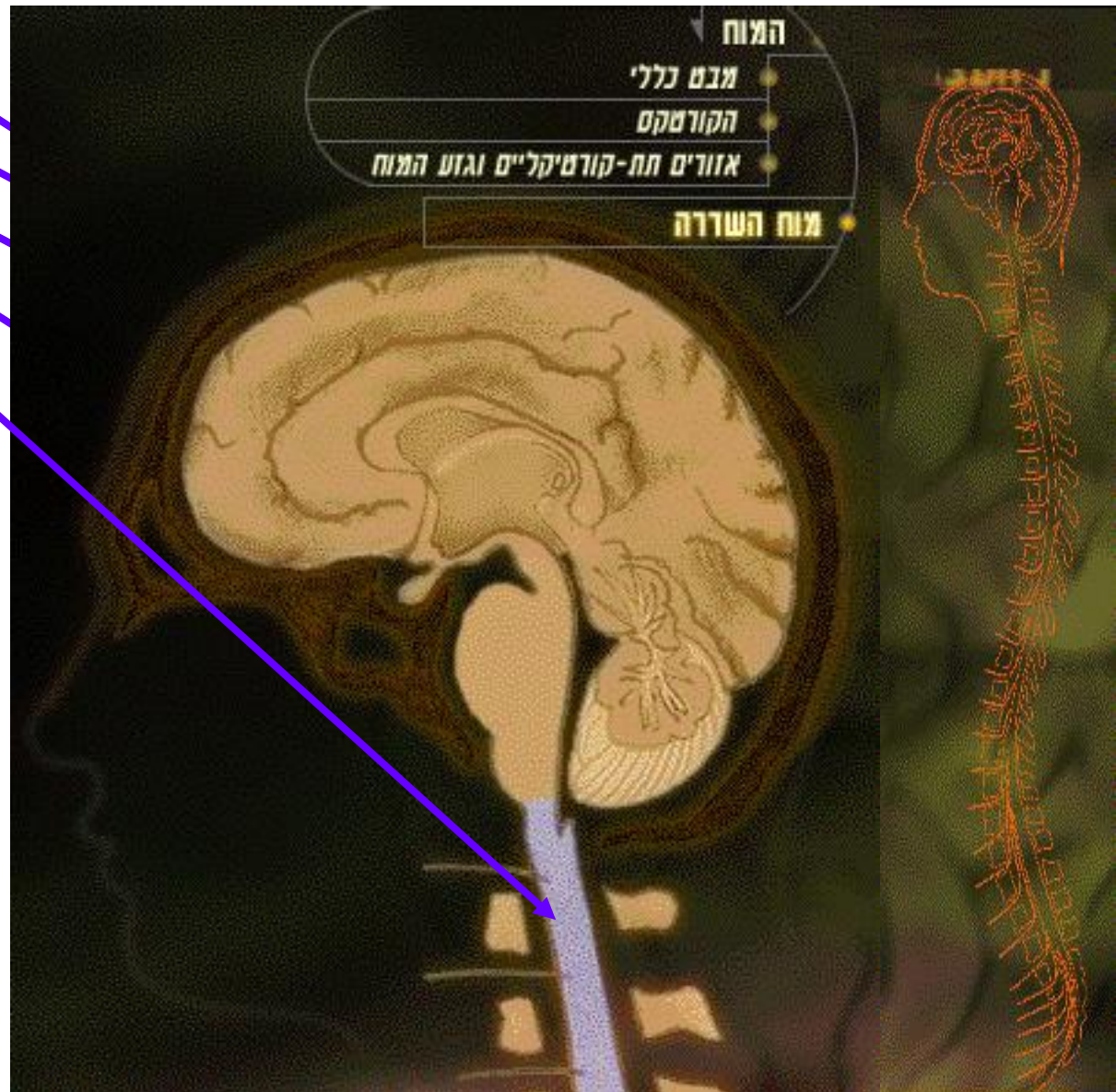
Deep nuclei •

Brain stem •

Spinal cord •

ה-Forebrain כולל את קליפת המוח (Cerebral cortex) וכן מספר צברי תאים (גרעינים או nuclei) מתחת לקורטקס (שניתן לכנותם באופן כללי אזורי תת-קורטיקליים).

ה midbrain וה hindbrain נקראים ביחד גזע המוח. הצד האחורי/תחתון של גזע המוח הוא המשכי עם חוט השדרה.



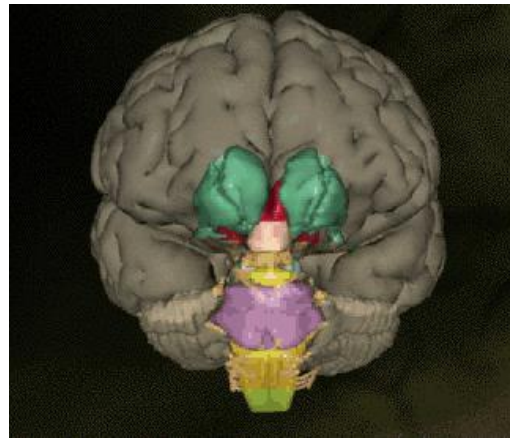
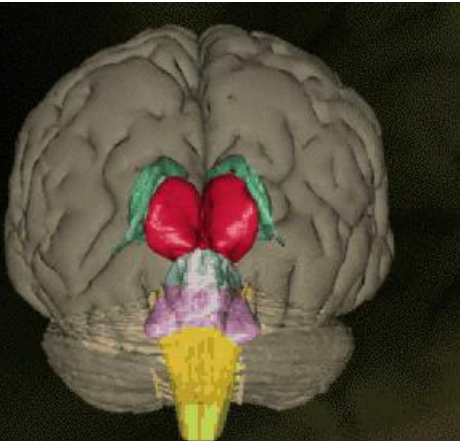
מערכת העצבים המרכזית

חלוקה כללית



מבט מאחור

מבט מלפנים

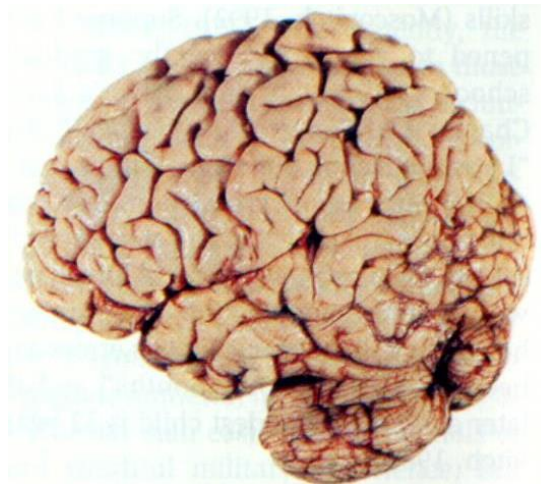


מבט מהצד



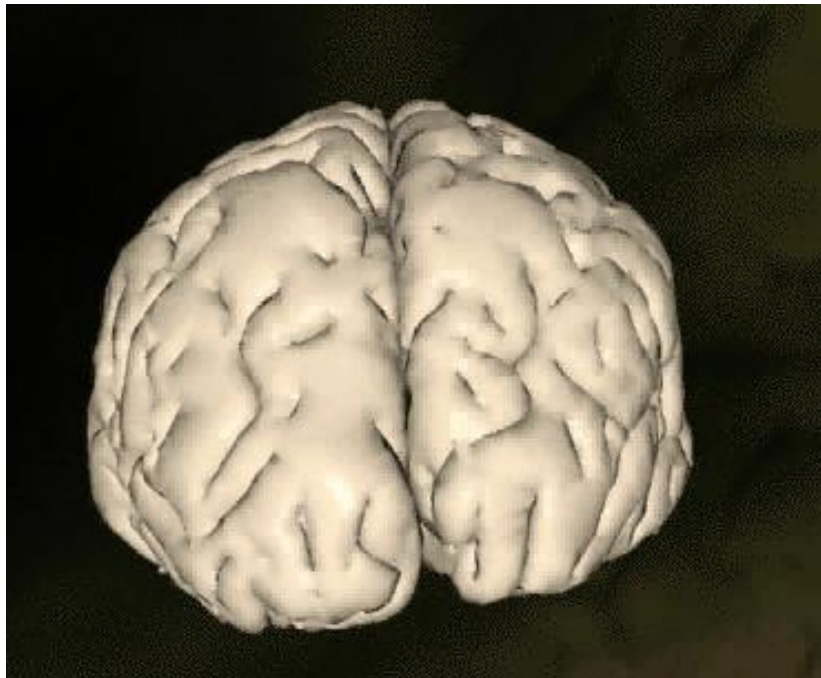
מבט מיד-סגיטלי



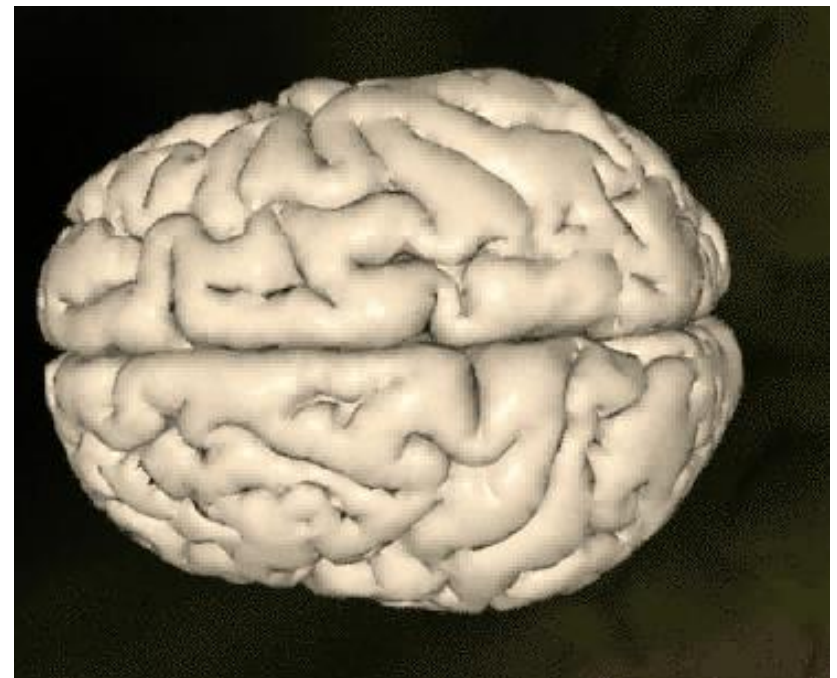


קליפת המוח היא המבנה הגדול ביותר ב Forebrain .
 פרוש המילה קורטקס הוא קליפה או משהו שמכסה.
 קליפת המוח היא האזור שאליו מגיעים באופן סופי כל
 הגרויים התחושתיים, בו נוצרות התחושות המודעות, בו
 מאוכסן הזיכרון לטווח ארוך ובו מתוכננת האסטרטגיה
 הכללית של ההתנהגות ותנועות השרירים של האורגניזם.

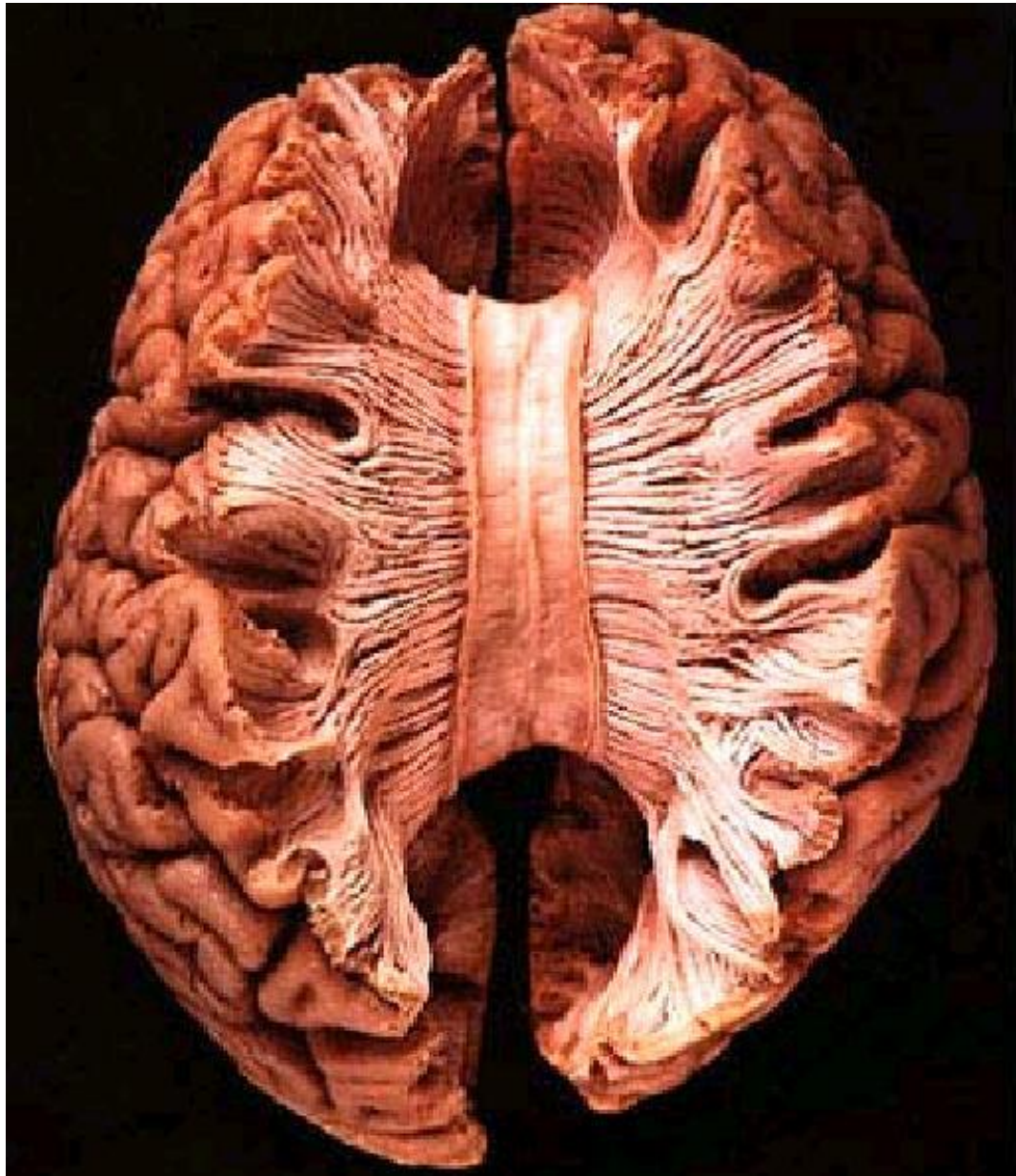
Cerebral cortex
Caudal-Frontal view



Cerebral cortex
Dorsal-Ventral view



הקורפוס קלוסום Corpus Callosum

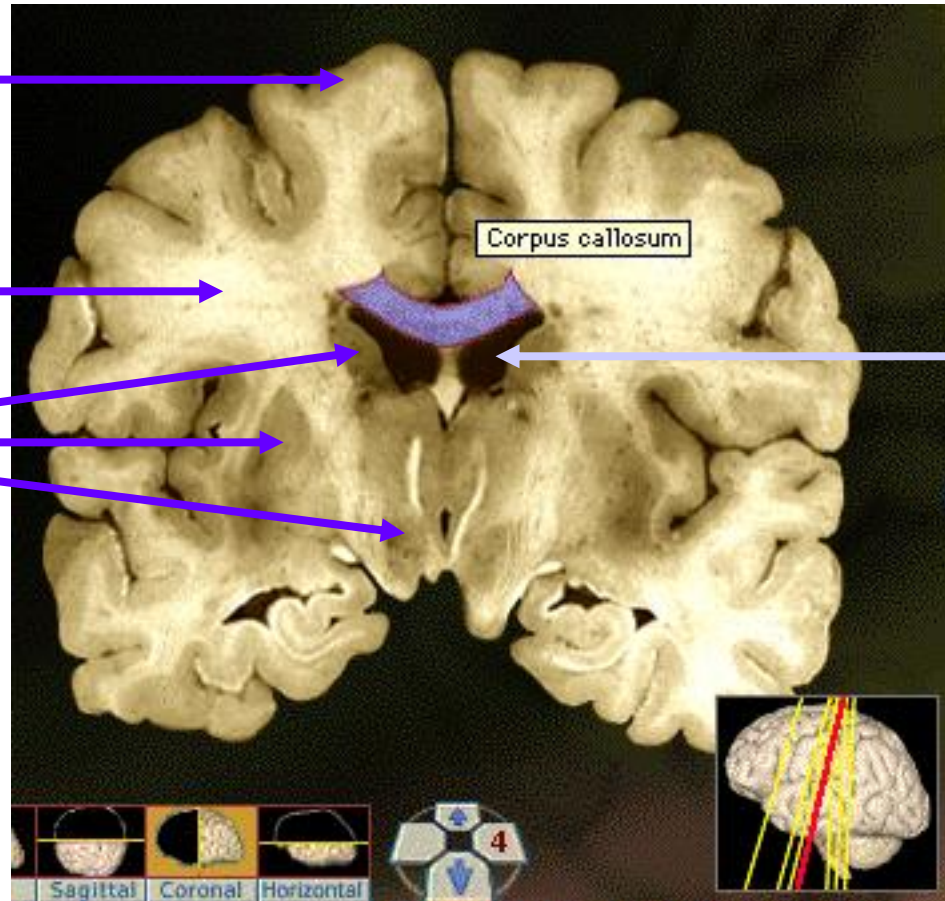


קליפת המוח מורכבת מחלק
שמאלי וחלק ימני (שתי
המיספרות) שמחוברים
בניהם על ידי אוסף של
אקסונים, שעוברים
מנוירונים בכל אחת
מההמיספרות אל ההמיספרה
הנגדית. מערכת החיבורים
הזאת נקראת ה- Corpus
callosum והיא מחברת
אזורים זהים (הומולוגיים)
מבחינת מיקומם בשתי
ההמיספרות של הקליפה.

קליפת המוח (חומר אפור)

חומר לבן

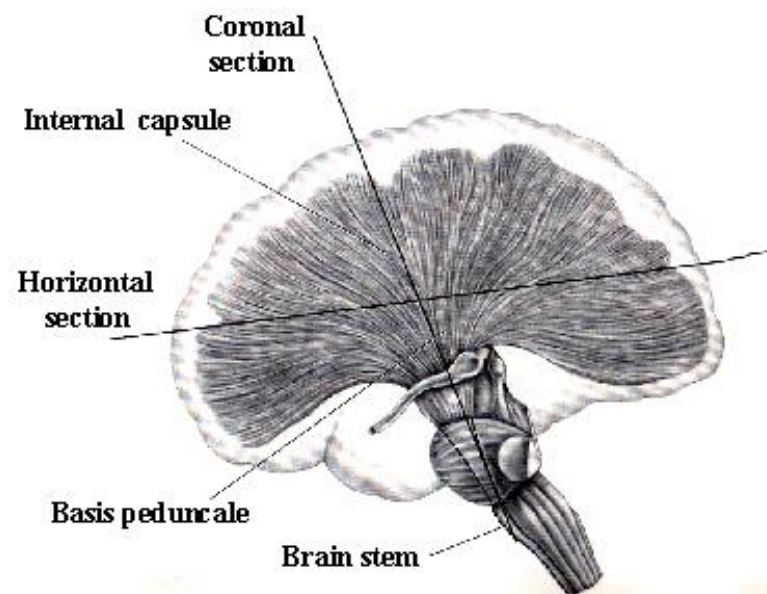
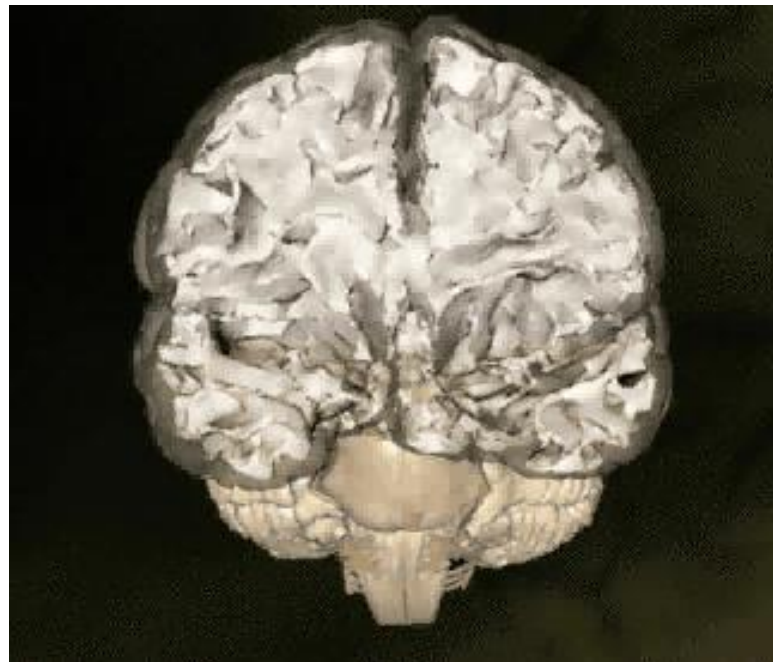
גרעיני עומק



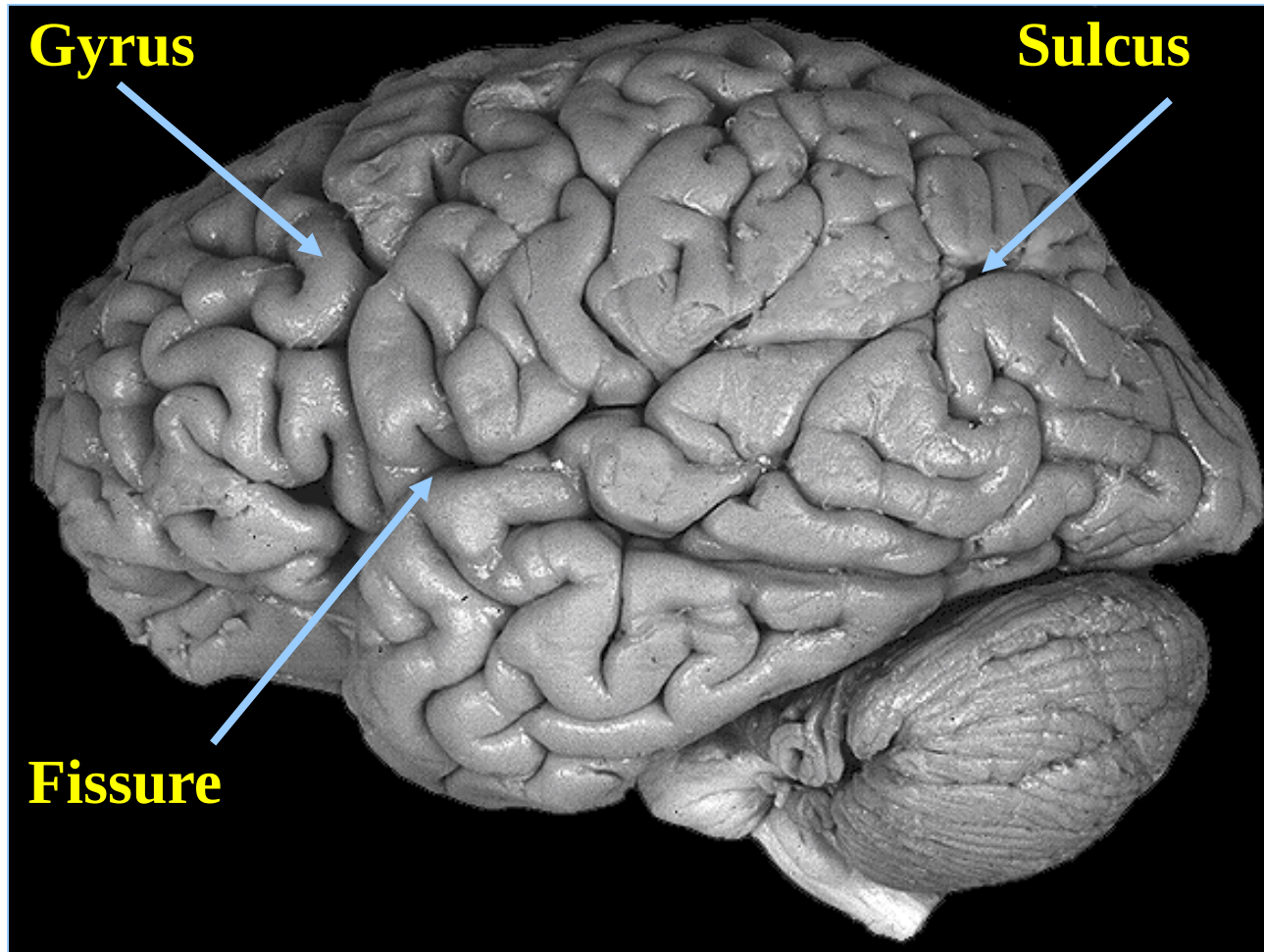
חדרי המוח

בצד החיצוני של קליפת המוח נמצאים בעיקר גופי תאים, שנותנים לה את הצבע האפור (הקליפה מכונה גם "החמר אפור"). בצד הפנימי של הקליפה נמצאים אקסונים - גם אקסונים של ה-corpus callosum, וגם אקסונים שמגיעים אל הקורטקס מאזורים תת-קורטיקליים ושנשלחים מהקורטקס אל אזורים אלה. המיילין שמלפף את האקסונים נותן לרקמה זו צבע לבן (ה"חמר הלבן").

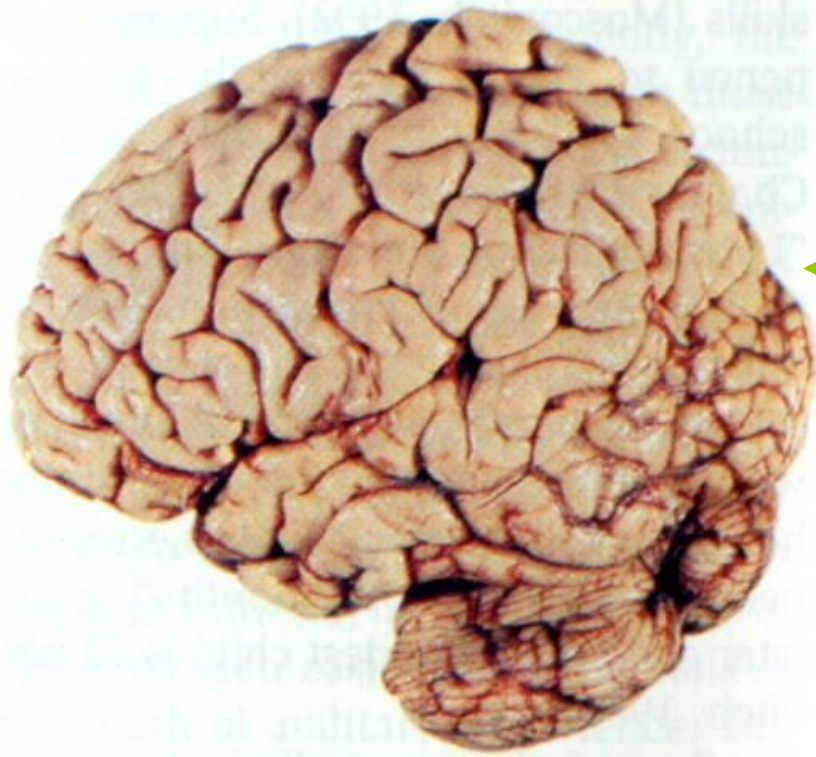
מבט כללי – חומר לבן (אקסונים שמגיעים אל ויוצאים מהקורטקס)



קליפת המוח (Cerebral cortex) – מבט לטרלי (מהצד)

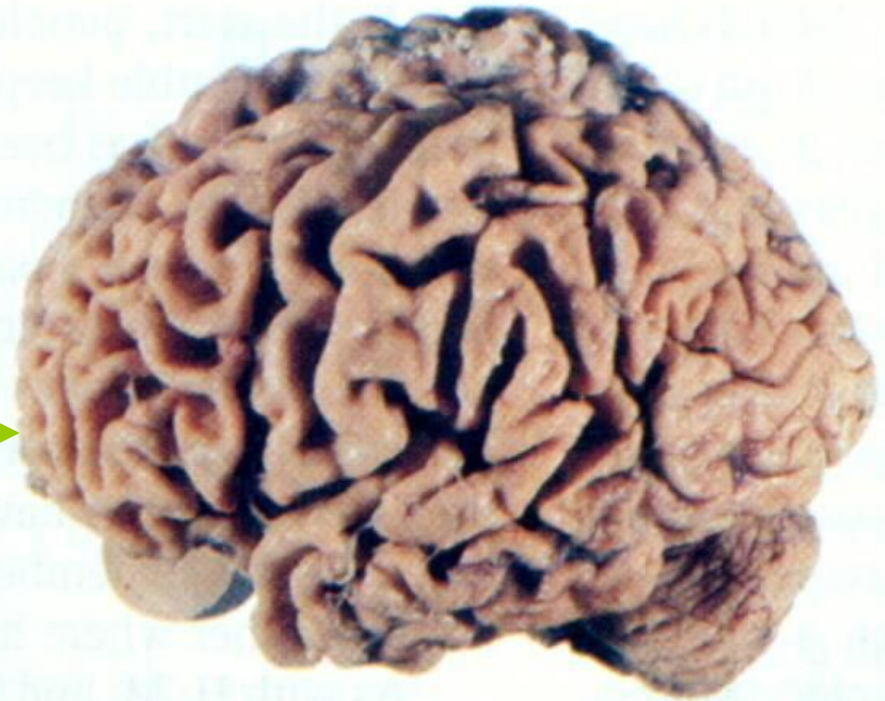


קליפת המוח, בעיקר בבני אדם, איננה חלקה אלא מקופלת ומפותלת באופן שנמצאים עליה מעין עמקים/חריצים ובליטות ביניהם. הקיפולים כלפי פנים נקראים Sulci (ביחיד Sulcus) שהם חריצים לא עמוקים, או Fissures שהם חריצים עמוקים. הקיפול שבולט החוצה נקרא gyrus (ברבים gyri). כמעט 2/3 משטח הקליפה נמצא בתוך ה-sulci. הקיפולים הללו מגדילים בהרבה את שטח הפנים של קליפת המוח (כ- 2.3 מ"ר בעובי של כ- 3 מ"מ) ומאפשרים להכניס יותר תאים לנפח המצומצם יחסית של הגולגולת.



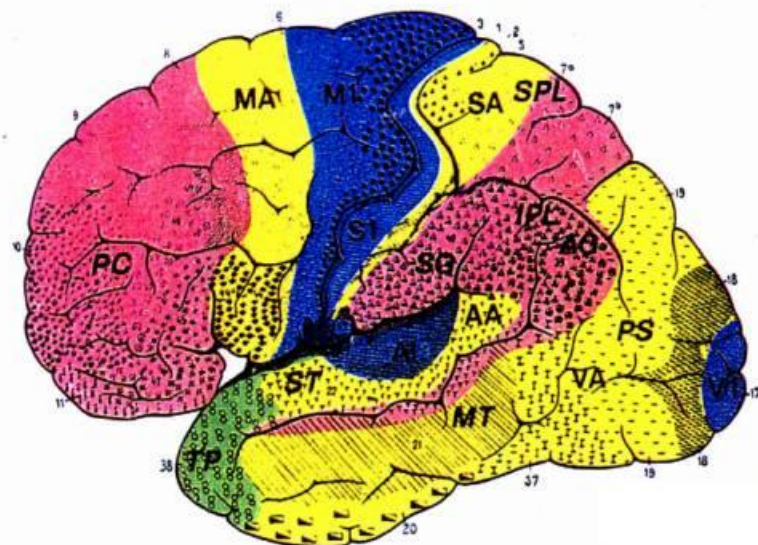
מח נורמלי

מבט על המח של חולה אלצהיימר
מראה הרחבה ניכרת של החריצים
(סולקוסים) על חשבון הגירוסים,
כתוצאה מתמותה של נוירונים
במח בכלל בקורטקס בפרט.
בזיקנה "רגילה" יש תופעה דומה
אך פחות דרמטית

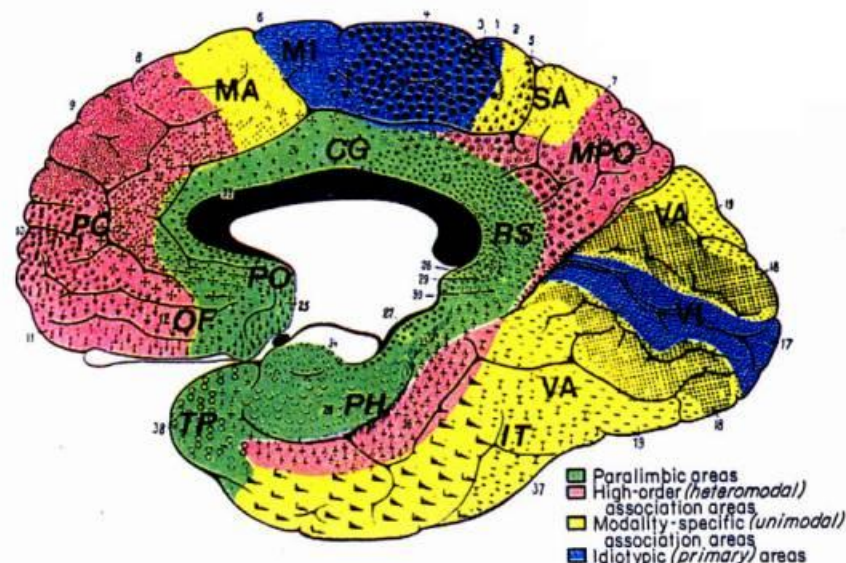


אירגון פונקציונלי של קליפת המוח

Lateral view



Medial view

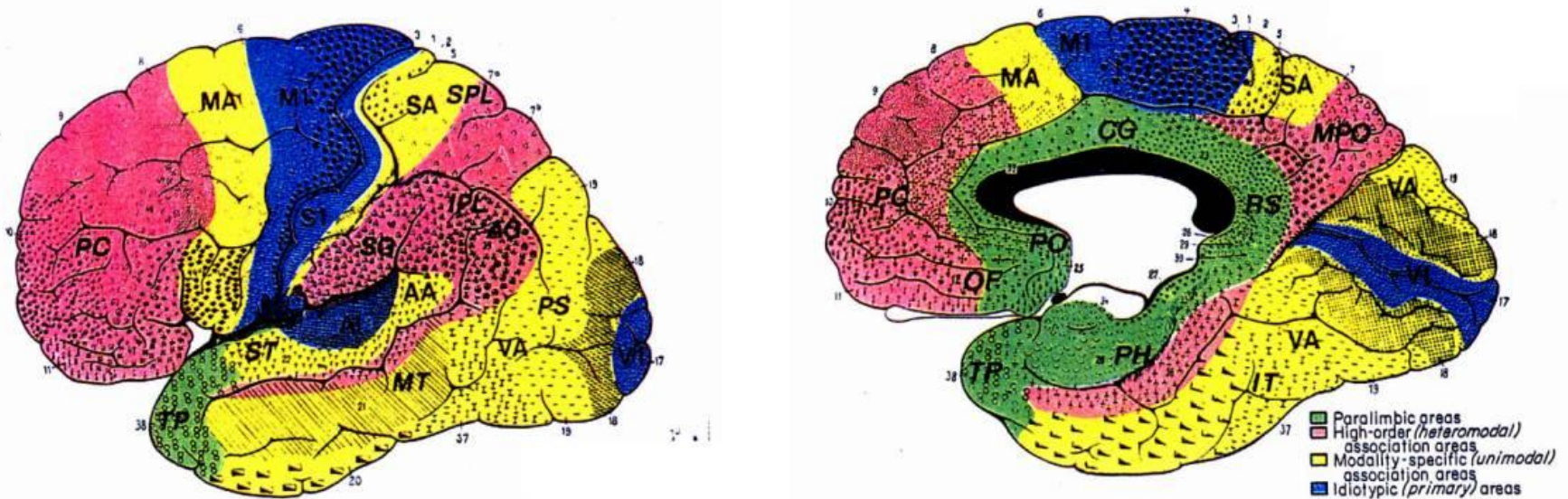


מבחינה פונקציונלית ניתן לחלק את המוח למספר סוגי אזורים:

1. אזורים ראשוניים (כחול): כוללים את האזורים הראשוניים בקורטקס

שמקבלים אינפורמציה מכל אחד מהחושים – כלומר אזור ראייה ראשוני, אזור שמיעה ראשוני, אזור סומטו-סנסורי ראשוני (תחושות הגוף כוללות מגע, ויברציה, תחושות השרירים, כאב, וטמפרטורה), אזור טעם ראשוני, ואזור ריח ראשוני. כמו כן יש אזור מוטורי ראשוני שהוא אזור קורטיקלי ששולט באופן כמעט ישיר על סיבי שריר ספציפיים.

אירגון פונקציונלי של קליפת המוח

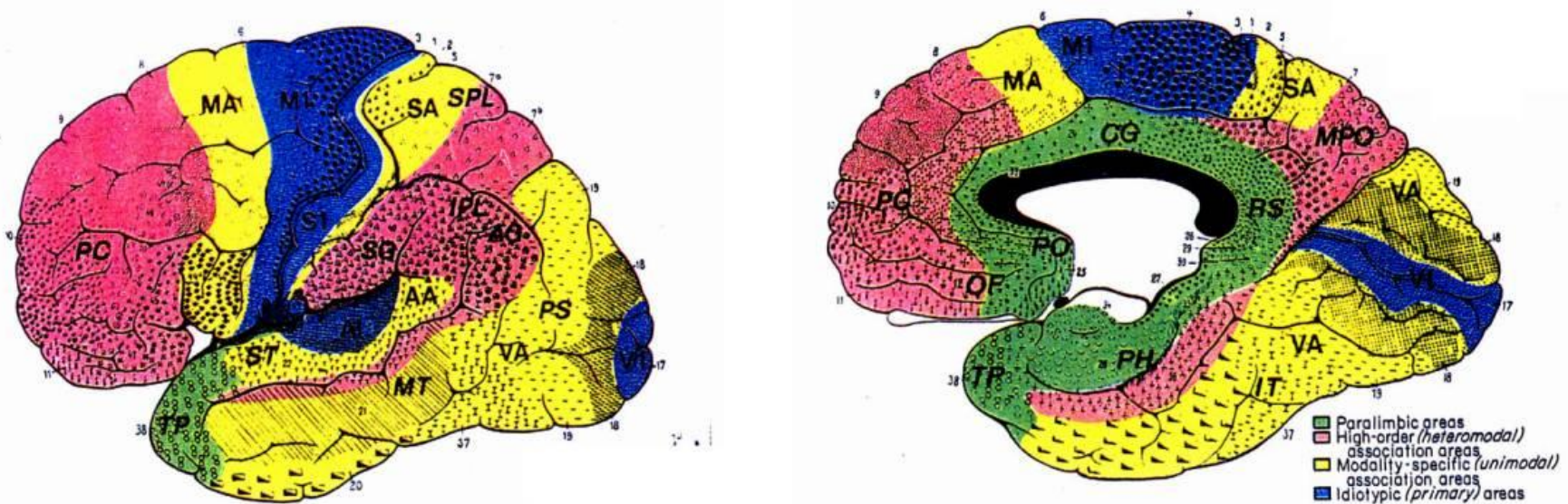


2. אזורים אסוציאטיביים (Association cortex):

א. יונימודלים - Sensory and Motor association cortex

(צהוב): אזורים שבאופן אנטומי מקיפים את האזור הקורטיקלי הראשוני ומעבדים אינפורמציה מורכבת (אסוציאציה בין פרמטרים שונים) שקשורה בחוש מסוים (למשל תפיסת הצורה של עצם מסוים רק על פי חוש המישוש). כמו כן, ישנם אזורים מוטוריים שעוסקים בתכנון ועיבוד של סדרות של תנועות ולא רק בשליטה על סיבי שריר בודדים.

אירגון פונקציונלי של קליפת המוח



2. אזורים אסוציאטיביים (Association cortex):

ב. מולטימודלים (ורוד): עוסקים באינטגרציה של אינפורמציה שמגיעה

ממספר חושים. כוללים בעיקר אזור אסוציאטיבי אחורי, שעוסק באינטגרציה

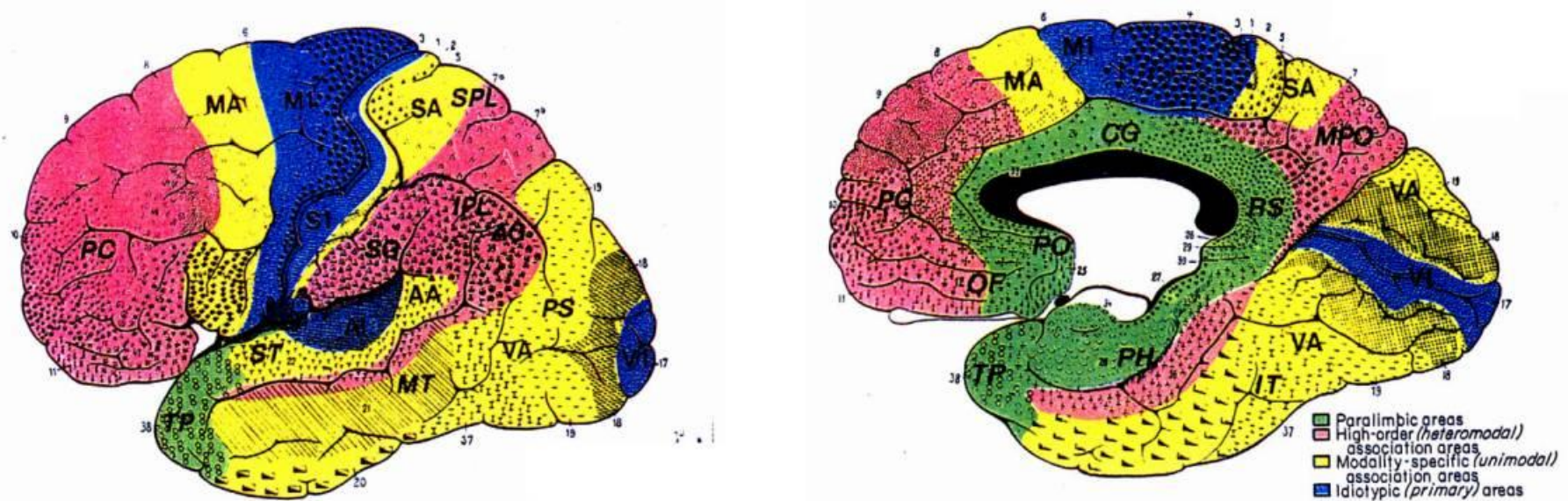
תחושתית מולטי-מודלית, ובתפיסה וההבנה הכוללת של מושגים שונים (כולל

היכולת להבין את המשמעות של תפיסות, מושגים והמילים שקשורות בהן). יש גם

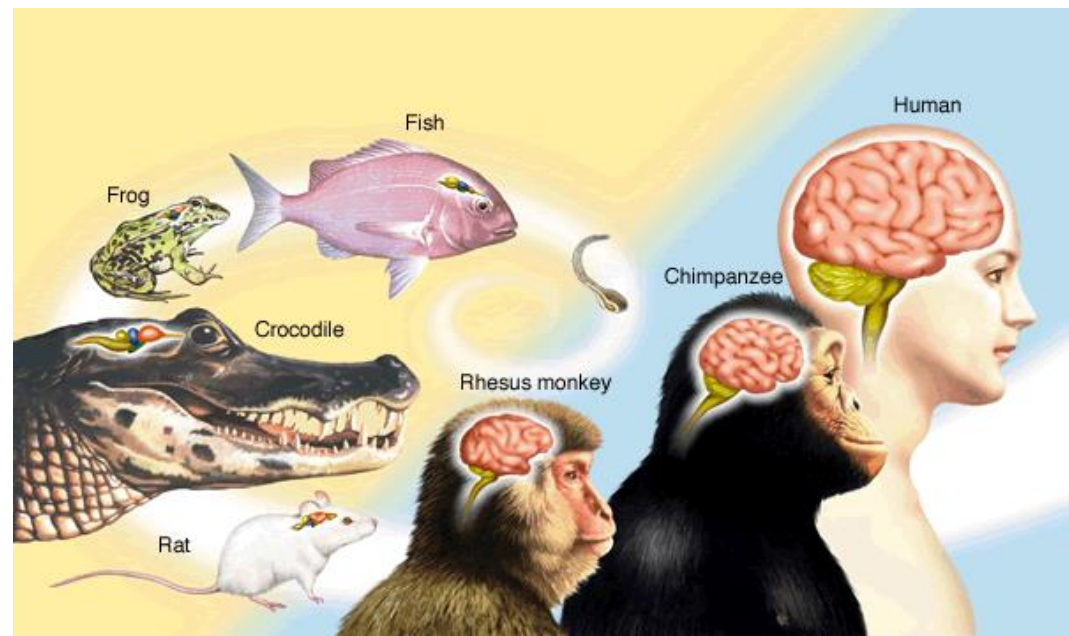
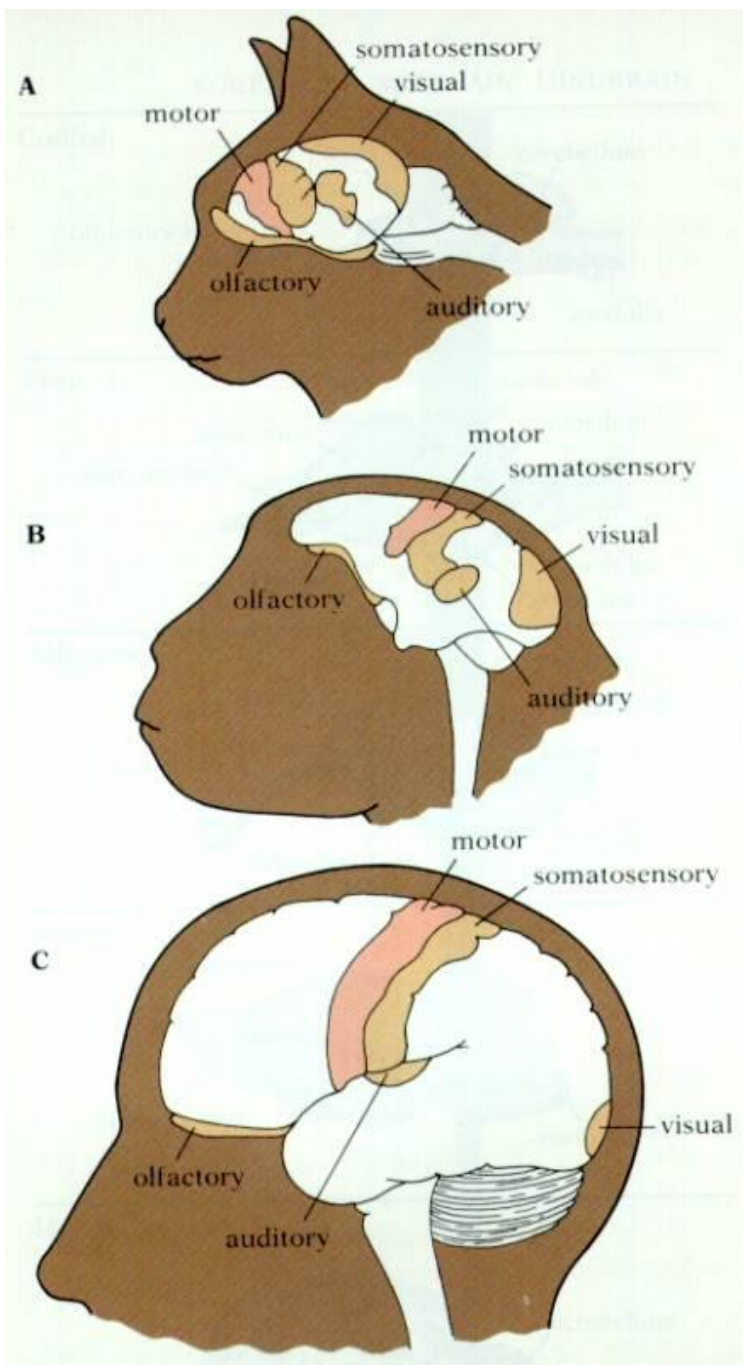
את האזור האסוציאטיבי הקדמי, שעוסק בין היתר בתכנון גלובלי אסטרטגי של

ההתנהגות כולה.

אירגון פונקציונלי של קליפת המוח



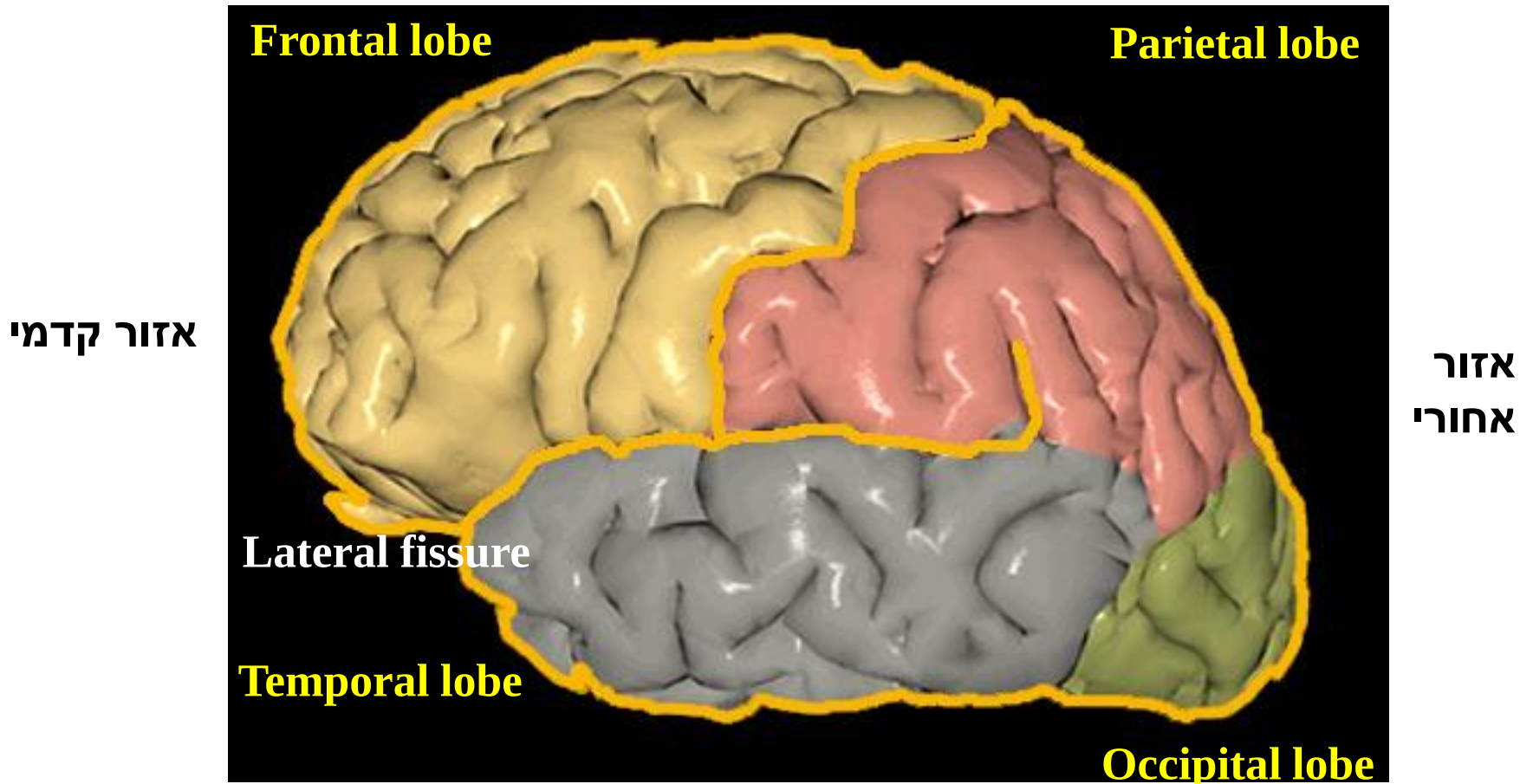
3. אזורים לימביים (ירוק): אזורים קורטיקליים אלה מהווים חלק של המערכת הלימבית – מערכת של אזורים בקורטקס ובצברי תאים תת-קורטיקליים שחשובים לרגש, מוטיבציה וזיכרון



מבחינה אבולוציונית, ככל שמין החיה יותר קדום מבחינה פילוגנטית כך הקורטקס יותר קטן (יחסית לשאר המוח), והאזורים הראשוניים תופסים שטח יותר גדול יחסית של הקורטקס שלו. כלומר, באדם היחס בין גודל האזורים הראשוניים ושאר אזורי הקורטקס הוא באופן יחסי הקטן ביותר בעולם החי.

קליפת המוח: חלוקה לאונות

Central sulcus

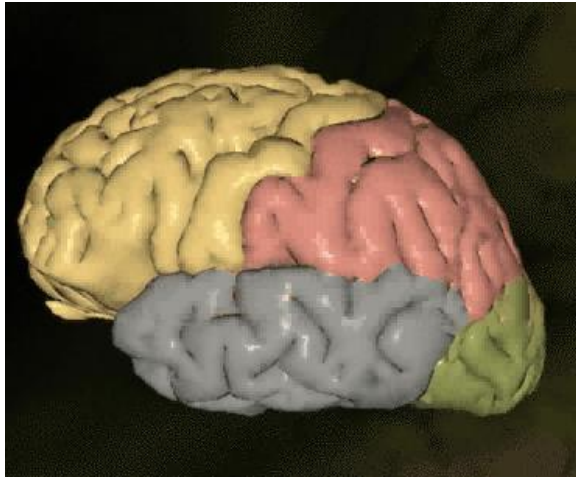


את קליפת המוח נהוג לחלק לארבעה חלקים שנקראים אונות (Lobes).
האונות תחומות ע"י ה Lateral fissure וה Central sulcus.

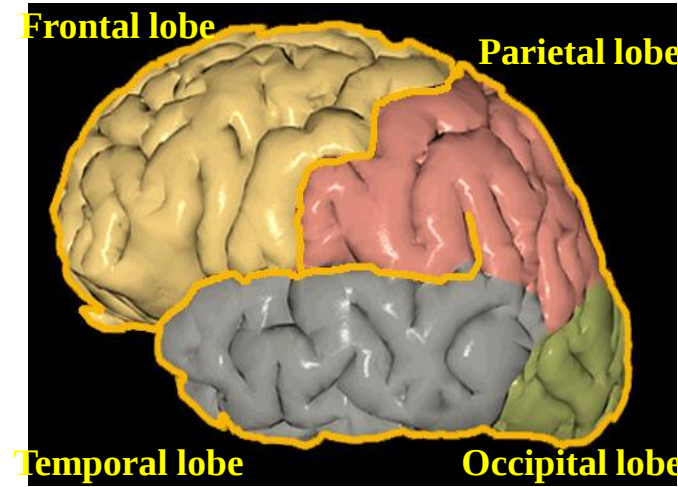
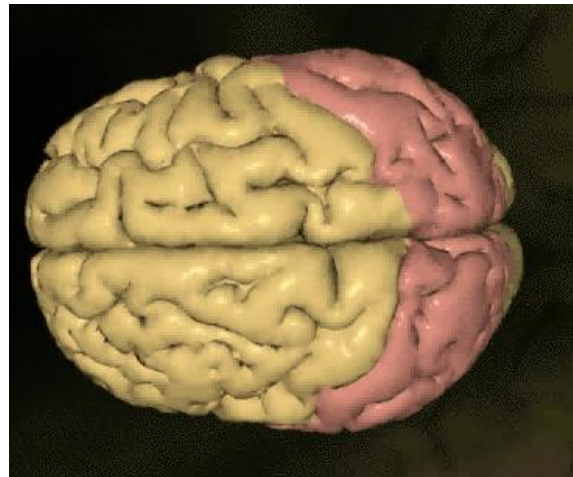
אונות המוח

מבט מהצד

Lateral to frontal



Dorsal to ventral

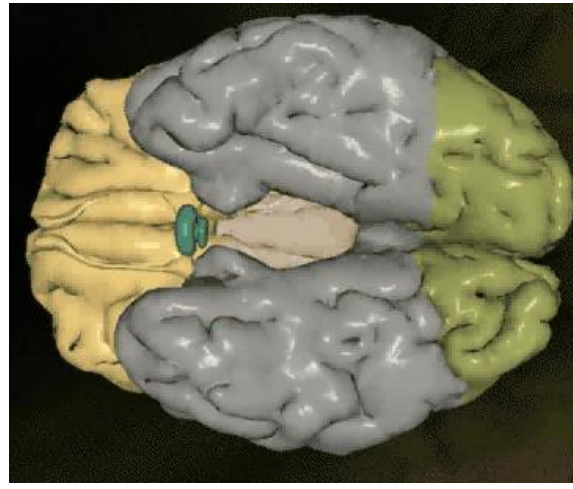


מבט מיד-סגיטלי

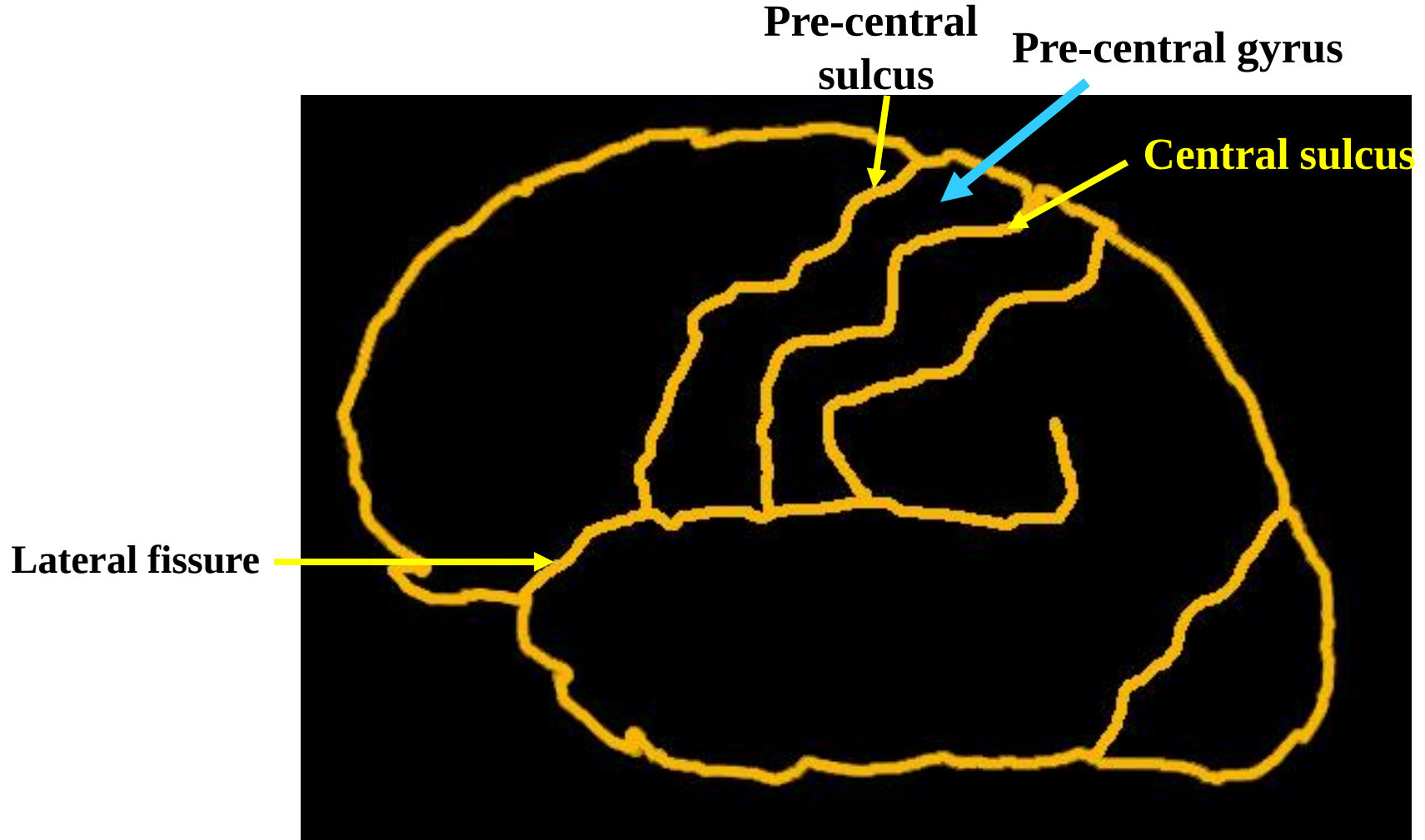
Lateral to ventral



Ventral to dorsal



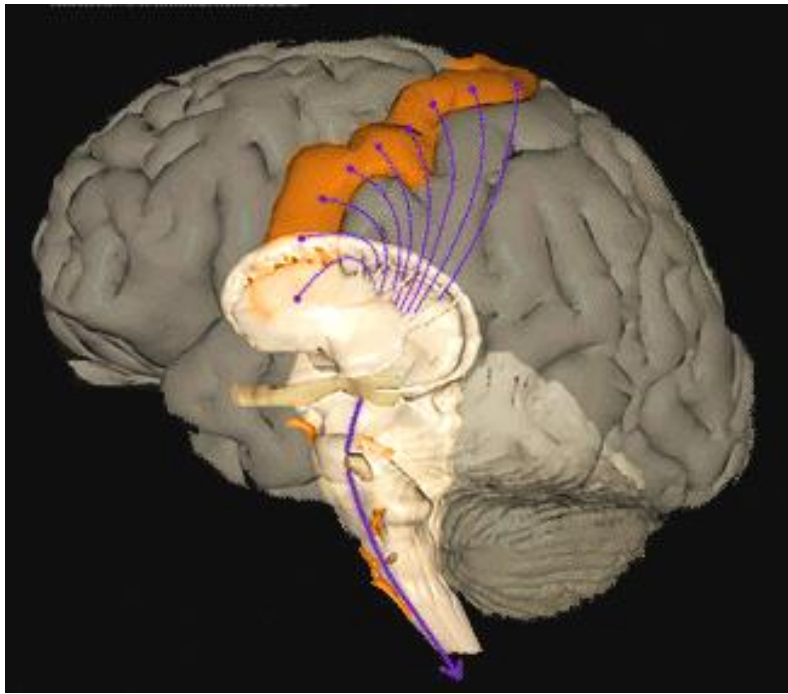
קליפת המוח: חלוקה מפורטת



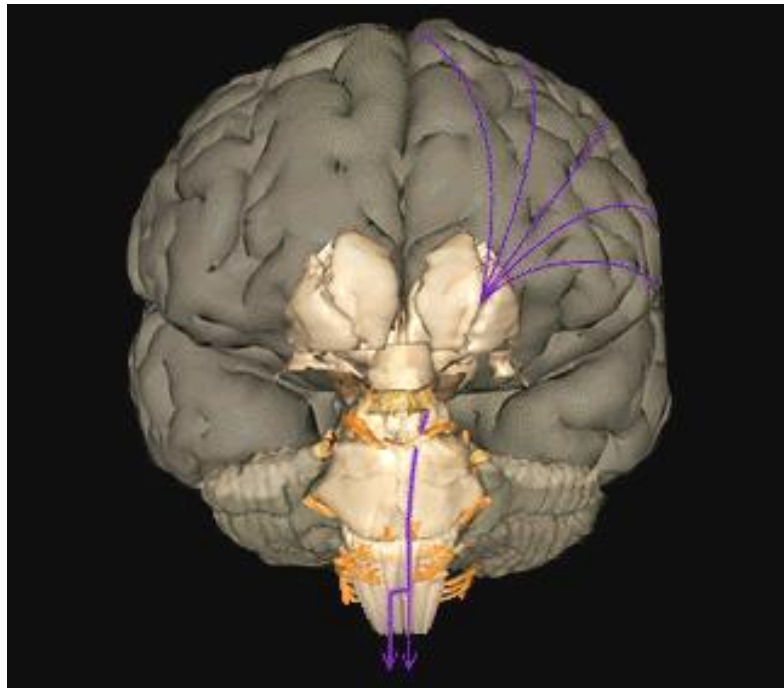
בחלקה האחורי של האונה הפרונטלית, בין ה- central sulcus ו-Pre-central sulcus שמקביל אליו מקדימה, נמצא אזור ה-Precentral gyrus, שמהווה את האזור המוטורי הראשוני.

הקורטקס המוטורי הראשוני

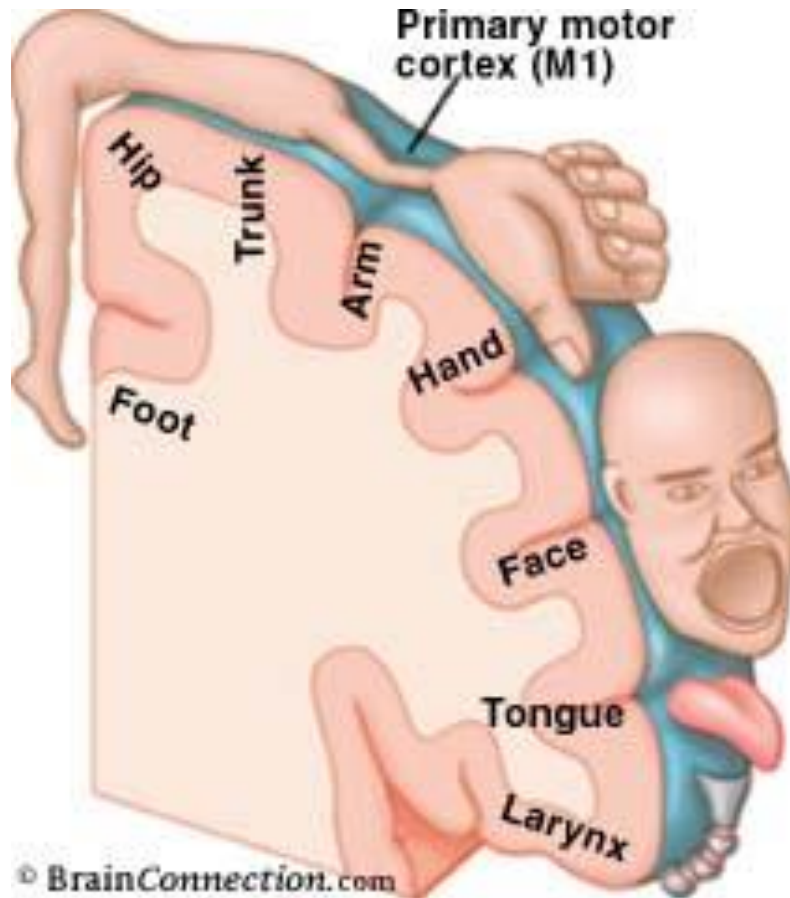
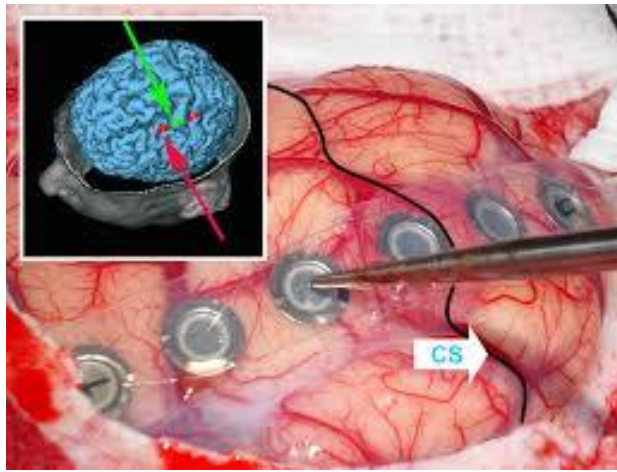
Primary motor cortex



נוירונים מאזור זה שולחים אקסונים ישירות לנוירונים מוטוריים בחוט השדרה שמעצבבים את שרירי הגוף. מערכת זו, שבה יש שליטה כה ישירה של קליפת המוח על השרירים, היא ייחודית לבני האדם והיא זו שמאפשרת את השליטה העדינה, המיומנת והמורכבת שלנו בשרירים (בעיקר בידיים ובפנים). בחיות אחרות ישנן תחנות ביניים בין האזור המוטורי בקליפת המוח לבין חוט השדרה.

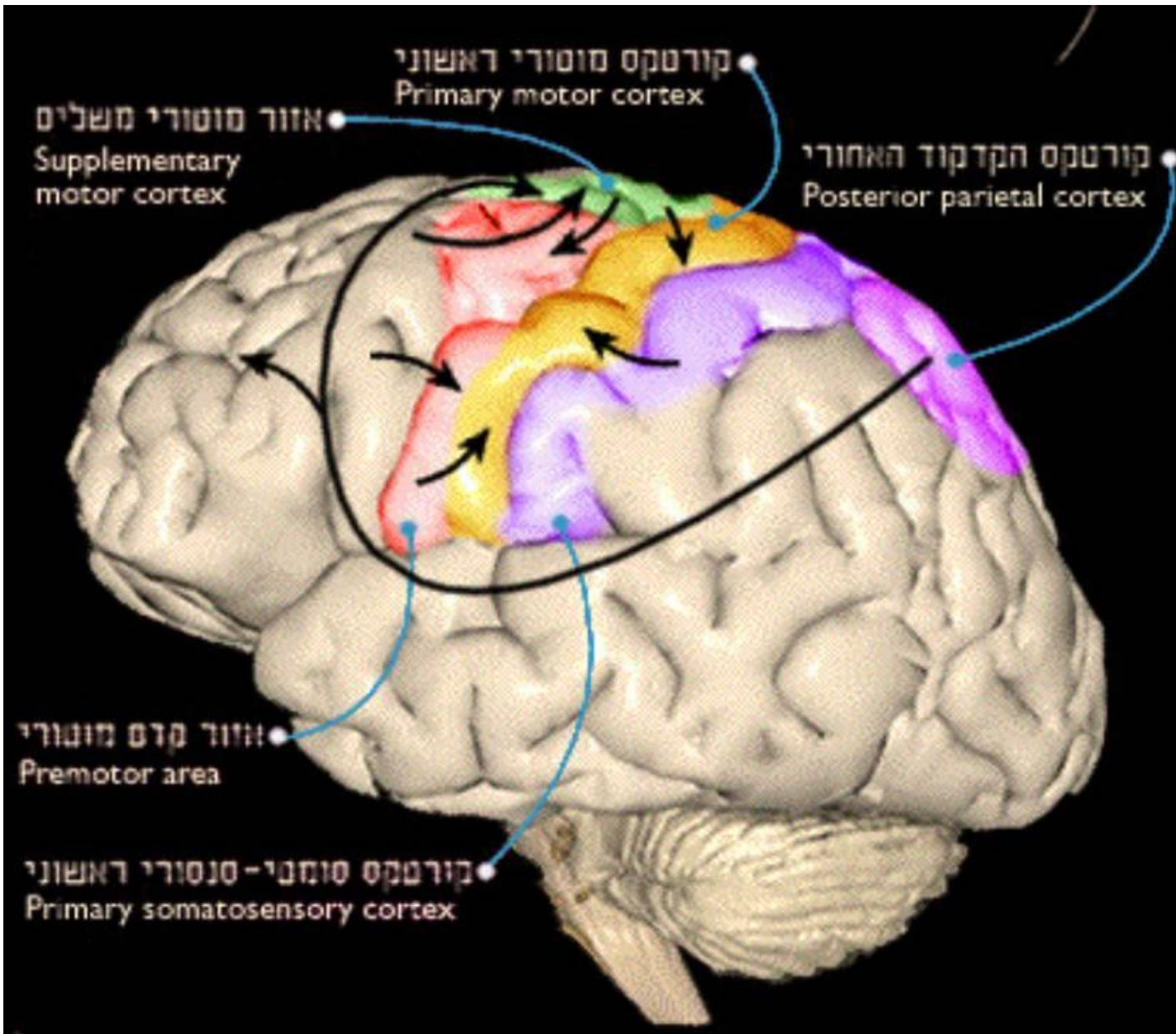


Arrangement of electrodes along M1

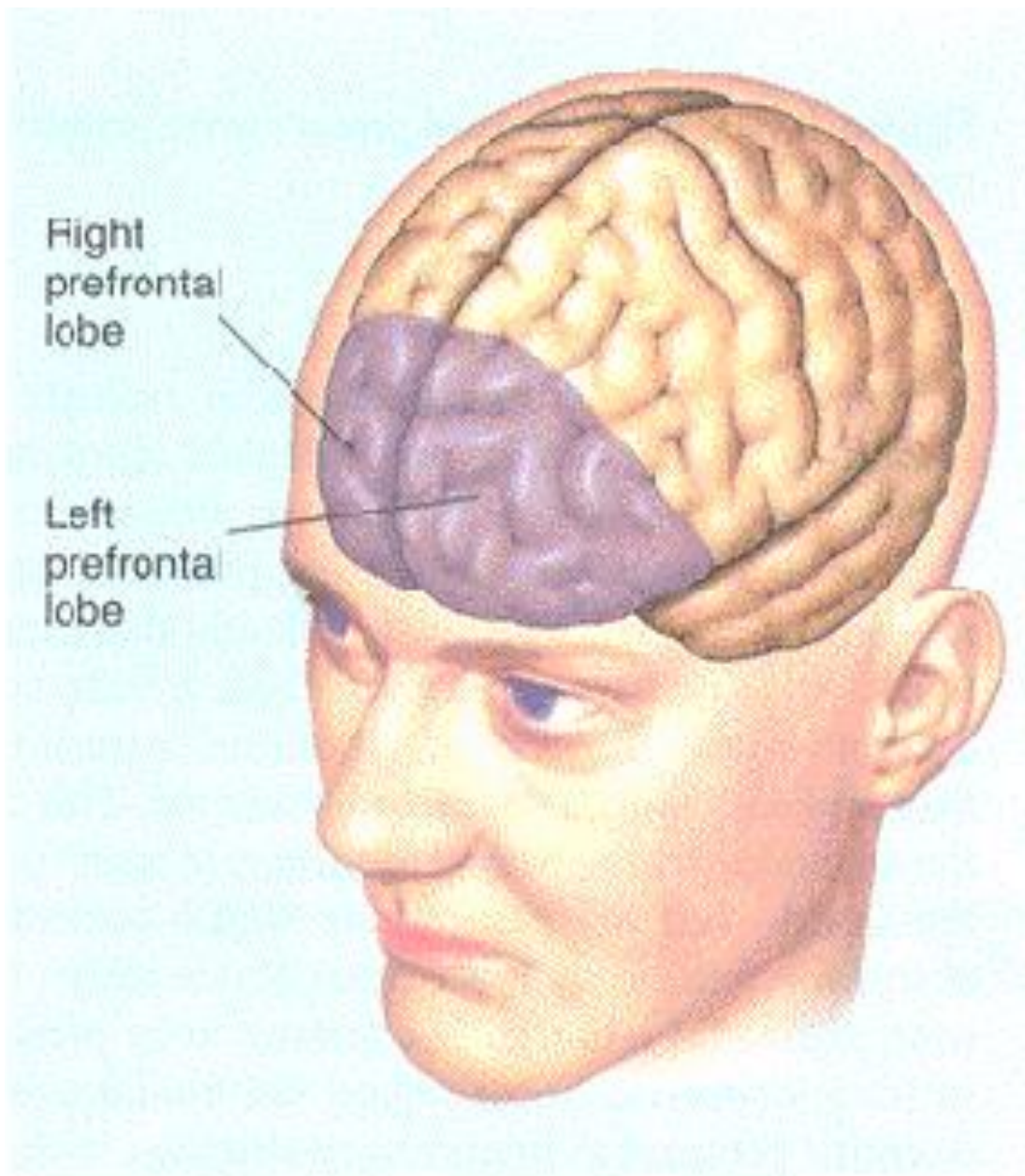


החוקר הקנדי **Wilder Penfield** ביצע גרייה חשמלית של אזורים שונים לאורך האזור המוטורי הראשוני (M1), במהלך ניתוח להסרת מוקד אפילפטי. הוא מצא שגרוי באזור זה גורם לתזוזת שרירים באזורים ואברים שונים של הגוף. אם הגרוי נעשה באופן שיטתי (סיסטמטי), ניתן להראות שיש מיפוי מרחבי של הגוף בצורה מסודרת על פני קליפת המוח, מהראש (בצד הלטרלי-ונטרלי) לרגליים (בצד הדורסלי-מדיאלי). המיפוי הזה נקרא ארגון סומטוטופי (סומטו = של הגוף, טופי=מיפוי) (Somatotopic). הגודל של אזורי המוח המוקדשים לאיברים שונים איננו מתואם באופן ישיר עם גודל האיבר בגוף אלא עם חשיבותו של האיבר בתנועה מוטורית עדינה ומורכבת. למשל לידיים מוקדש שטח גדול יותר מאשר לכל שאר הגוף.

קורטקס מוטורי אסוציאטיבי

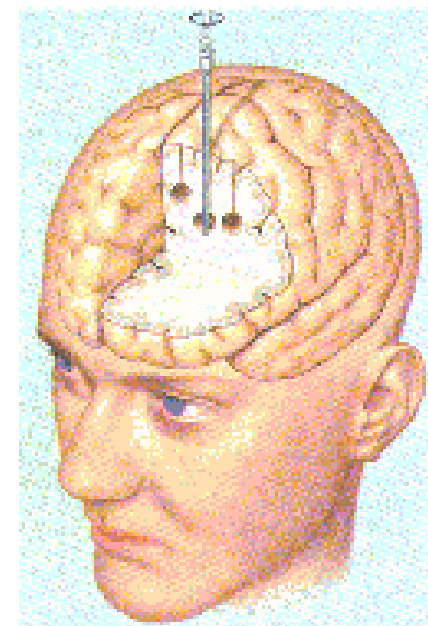
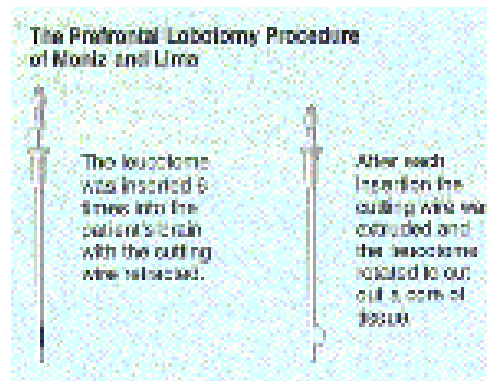
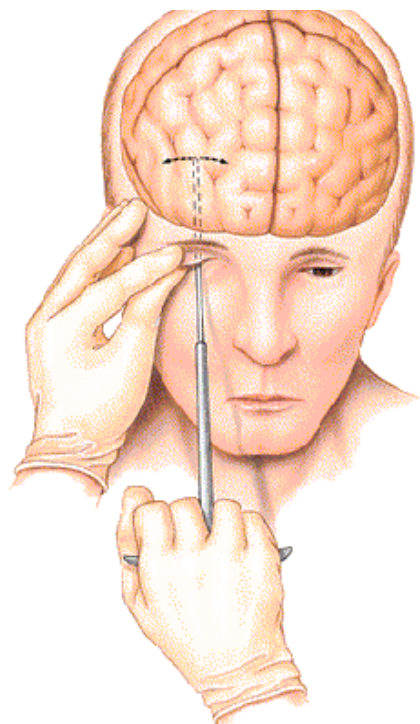


בצד הקדמי של
האזור המוטורי
הראשוני נמצא
אזור מוטורי
אסוציאטיבי
שעוסק בתכנון
וארגון סדרות של
תנועות
שמבוצעות על
ידי השרירים.
אזור זה חשוב גם
להבנה שלנו את
הפעולות
המוטוריות של
אחרים בסביבתנו.



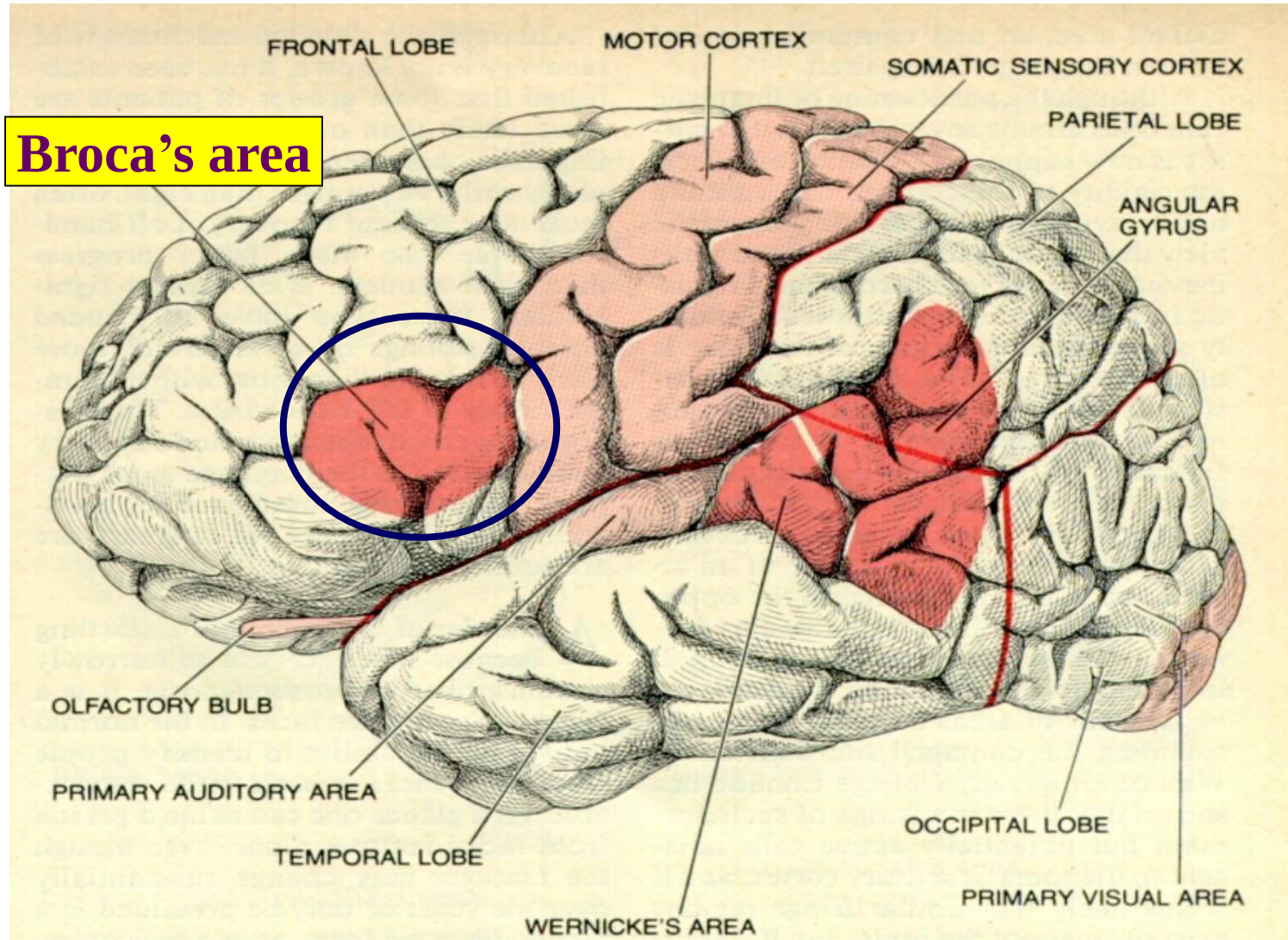
בחלק הקדמי ביותר של
האונה הפרונטלית נמצא
אחד האזורים הגדולים
ביותר בקורטקס ובמח
כולו. זהו האזור
האסוציאטיבי הקדמי
(הקורטקס/האונה הפרה-
פרונטלי/ת). אזור זה
אחראי על תכנון, ארגון
ונייהול האסטרטגיה
ההתנהגותית הכוללת. בין
היתר, הוא עוסק בחשיבה,
הבנה והתנהלות חברתית,
שיפוט, מוטיבציה, יוזמה,
ומהווה את הבסיס העיקרי
לאישיות.

Frontal lobectomy (Lobotomy)

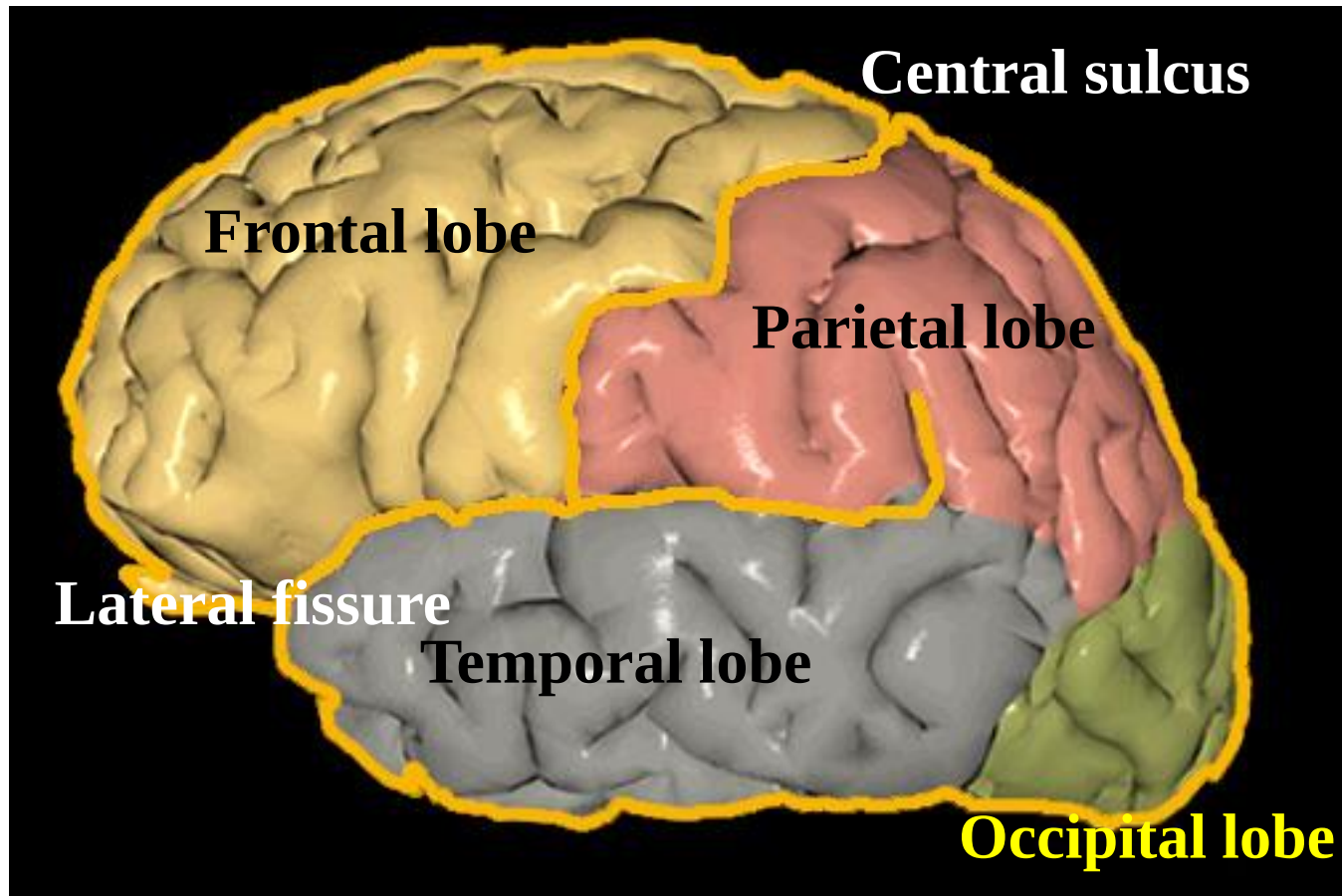


חלק מהידע על אזור זה התקבל ממחקר על אנשים שעברו פרוצדורה ניתוחית שנקראת Prefrontal lobotomy - הרס של האזור הפרה-פרונטלי או ניתוקו משאר חלקי המוח. פרוצדורה ניתוחית זו היתה רווחת בשנות הארבעים והחמישים של המאה שעברה ומטרתה היתה להוריד את הסימפטומים של מחלת הסכיזופרניה. הפרוצדורה בוצעה בעשרות אלפי חולים בארה"ב, ועל פיתוחה הוענק פרס נובל לאגאס מוניז ב-1949. בעקבות ניתוח זה החולים הסכיזופרנים אכן נעשו יותר "רגועים" אך השפעות נוספות היו ירידה ברמת אנרגיה כללית, אבדן יכולת תכנון ויוזמה, איבוד יכולת ריכוז, קשיחות/חוסר גמישות מחשבית והתנהגותי וחוסר יכולת לשנות הרגלים. עם תחילת השימוש בתרופות אנטי-פסיכוטיות האמצע שנות ה'50 ירדה קרנו של טיפול זה והוא הופסק לחלוטין בשנות ה'60.

אזור חשוב בתחתית האונה הפרונטלית נקרא אזור ברוקה. אזור זה מהווה את "מרכז הדיבור", כלומר הוא האזור המוחי שאחראי על ארגון והפעלה של החלק ההבעתי (expressive) בשפה מדוברת. הרס של אזור זה יביא לאבדן יכולת הדיבור.



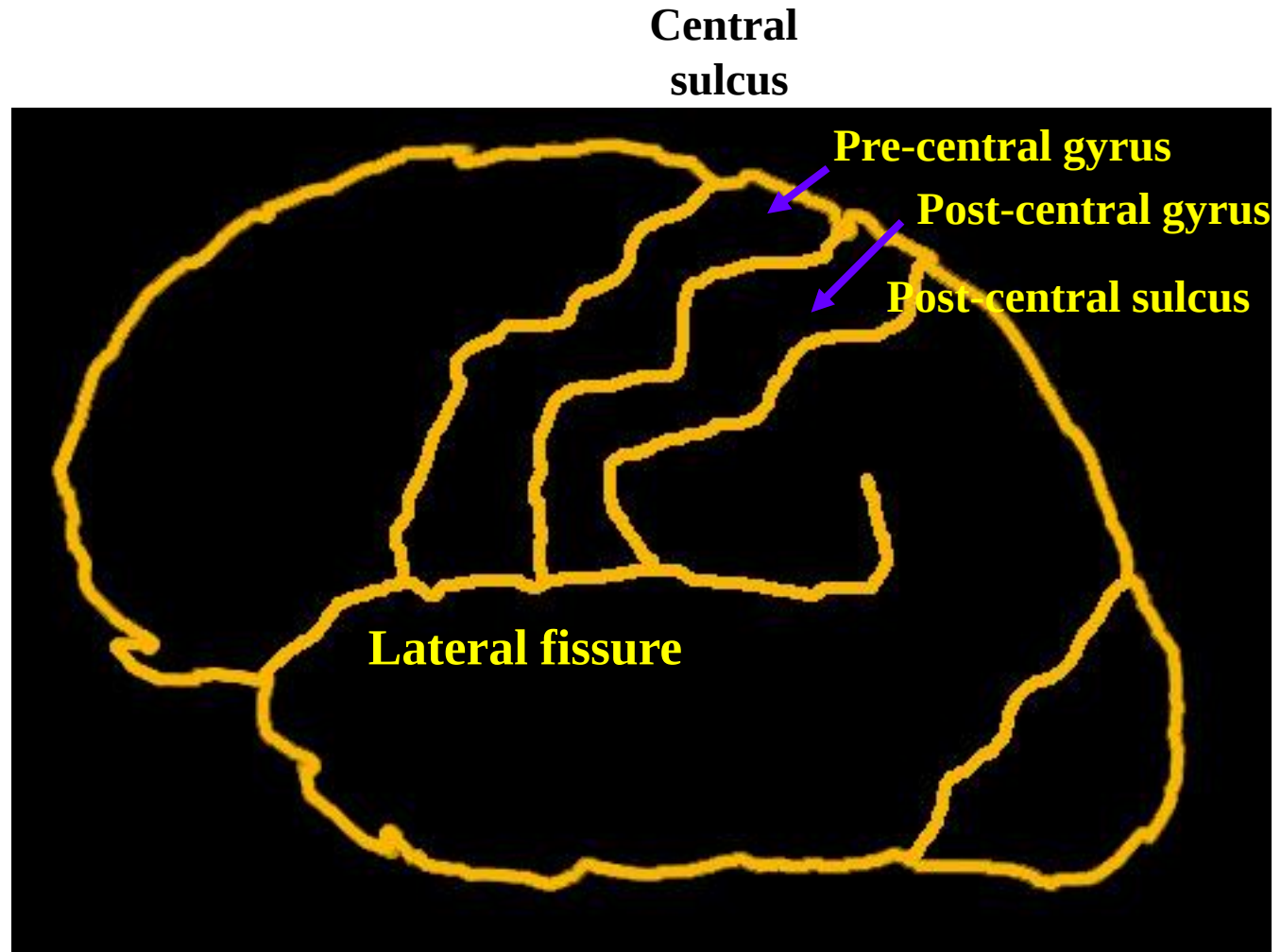
קליפת המוח
חלוקה ראשונית



אזור קדמי

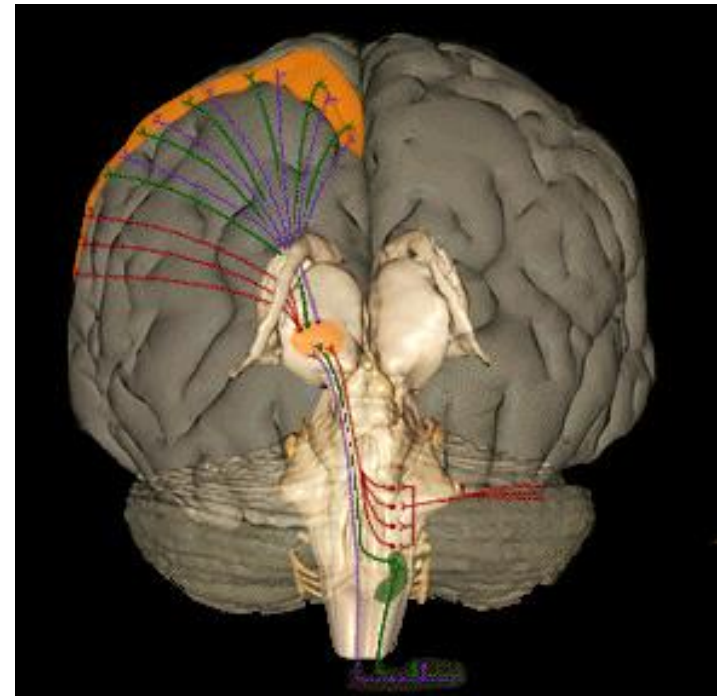
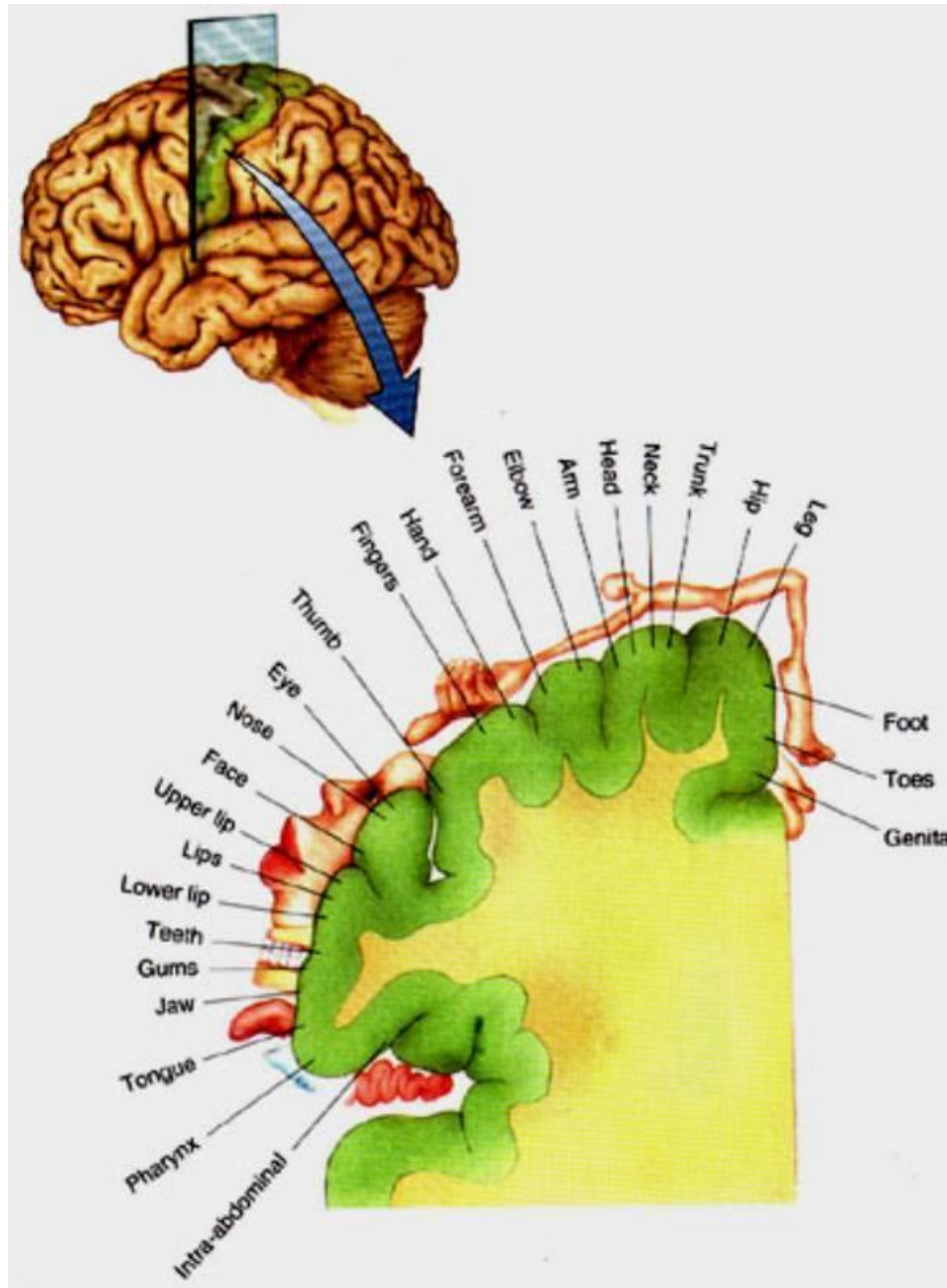
אזור אחורי

קליפת המוח: חלוקה מפורטת

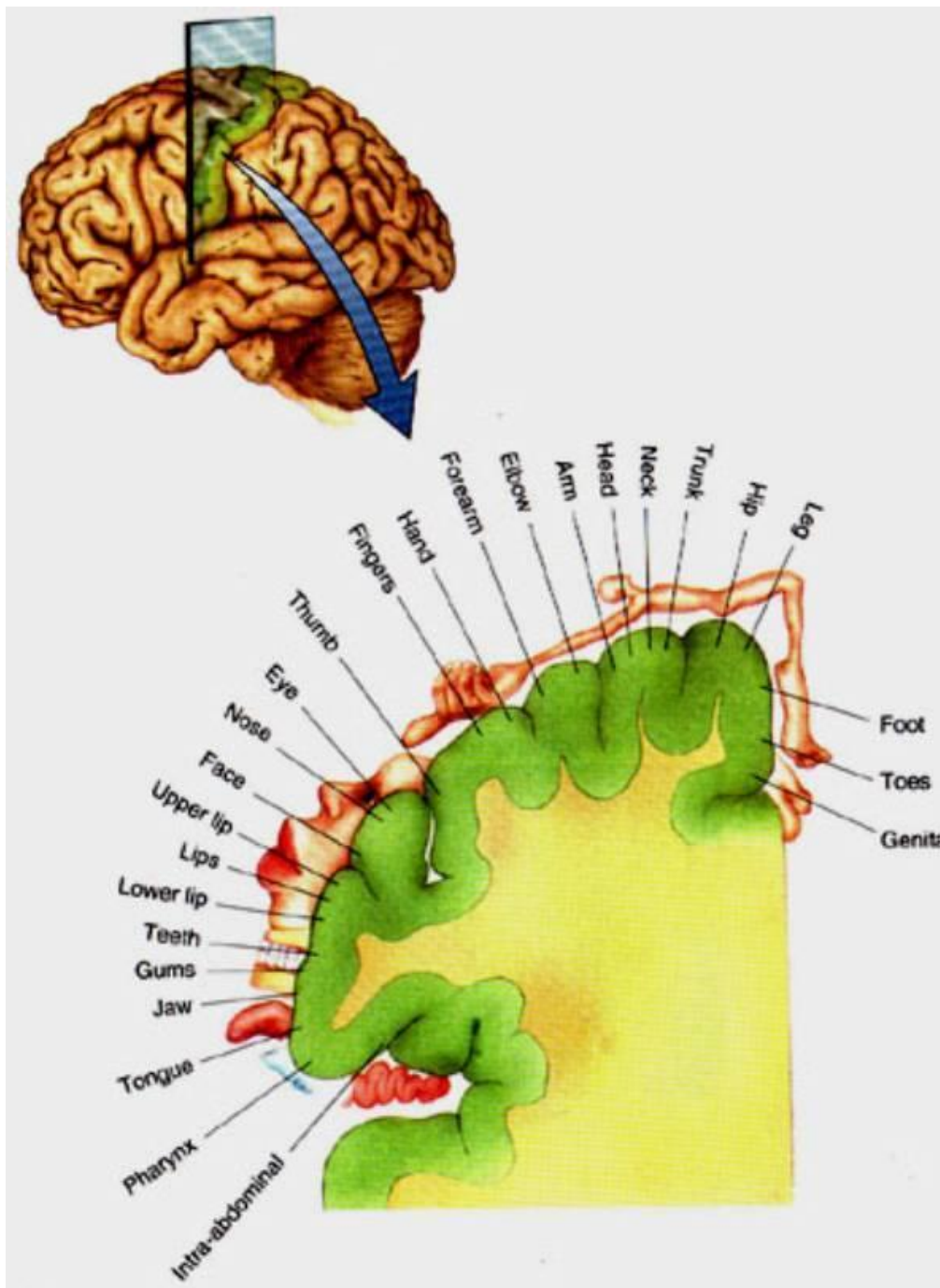


בחלקה הקדמי של האונה הפריאטלית, בין ה- central sulcus וה- Post-central sulcus שמקביל אליו מאחורה, נמצא אזור ה- Postcentral gyrus, שמהווה את האזור הסומטו-סנסורי הראשוני.

קורטקס סומטו-סנסורי ראשוני (Primary somatosensory cortex)

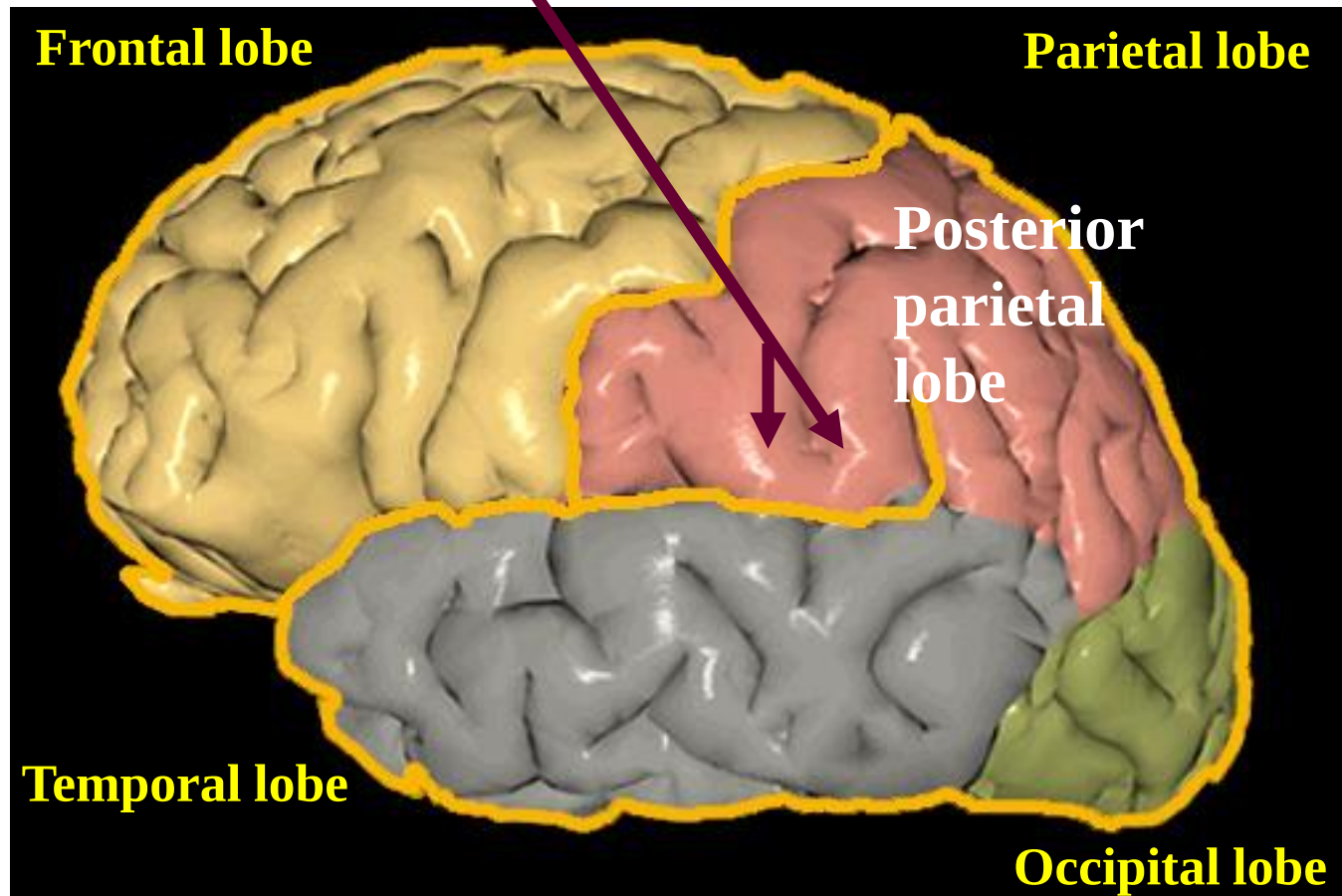


האזור הסומטו-סנסורי הראשוני ב-
Postcentral gyrus אחראי לתחושות
מודעות של מגע, לחץ, טמפרטורה וכאב.
כמו האזור המוטורי הראשוני המקביל לו,
גם האזור הסומטו-סנסורי הראשוני מאורגן
באופן סומטוטופי. גם באזור זה השטח
מוקדש לפנים ולידיים (שהם בעלי רגישות
גבוהה יחסית) יותר גדול מהשטח המוקדש
לשאר אזורי הגוף.



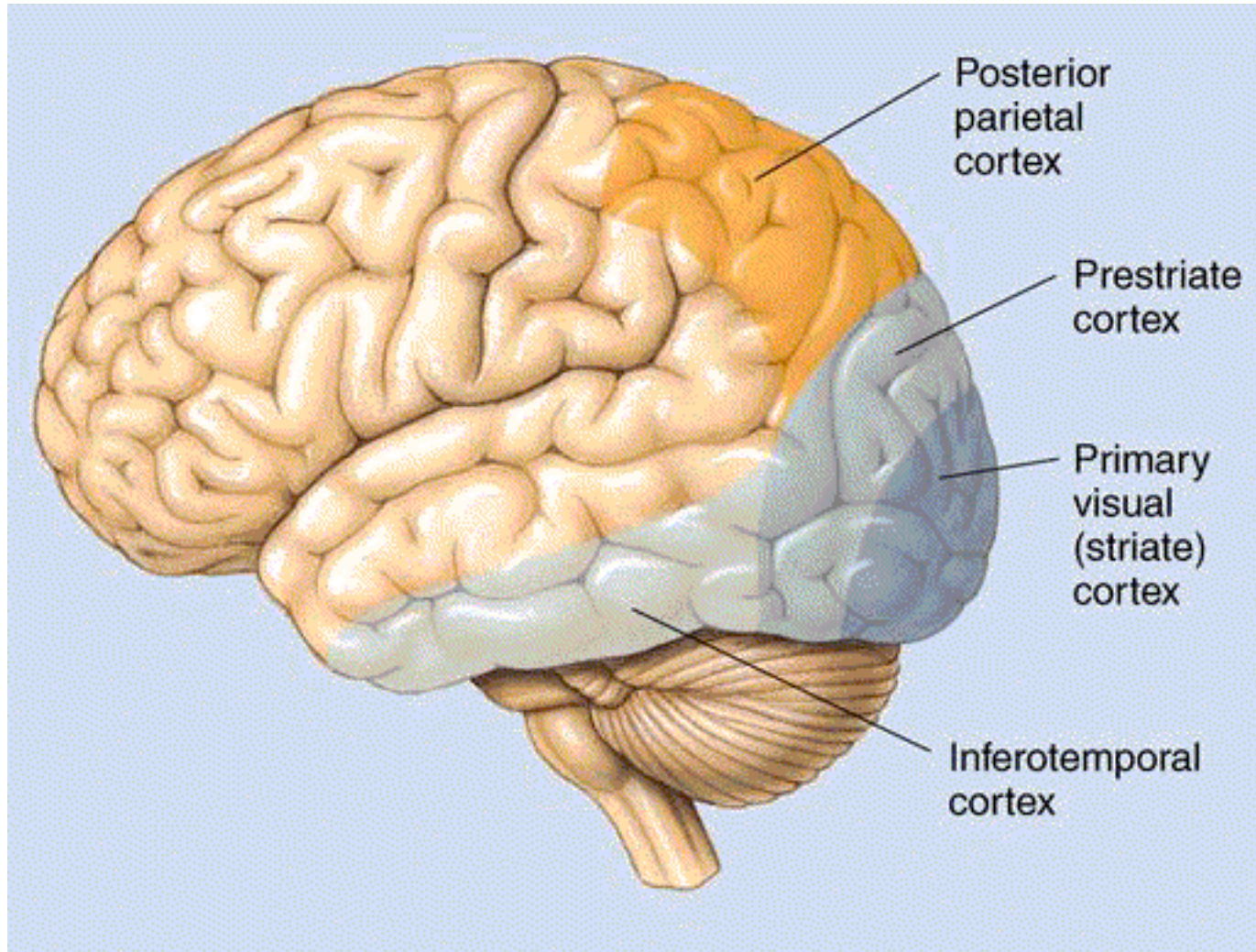
ההומונקולוס
 (Homunculus) (אישון קטן)
 שכולל את אברי הגוף
 (השונים) הנראה בתמונה
 מהווה ייצוג גרפי של הייצוג
 הסומטוסנסורי על גבי
 הקורטקס הסומטוסנסורי
 הראשוני.
 למשל, נוירונים בחלק
 הדורסלי-מדיאלי מגיבים
 למגע ברגליים ובאברי המין
 ונוירונים בצד הלטרלי-ונטרלי
 מגיבים לגרויים באזור הראש
 והפנים.

אזור סומטוסנסורי אסוציאטיבי יונימודלי



סביב לאזור הראשוני נמצא האזור הסומטוסנסורי השניוני (אזור אסוציאטיבי יונימודלי). אזור זה חשוב לאספקטים "גבוהים" ומורכבים של עיבוד אינפורמציה סומטוסנסורית, כמו יכולת לזהות עצמים על ידי מגע והערכת משקל. הרס של אזור זה יגרום לחוסר בתיפקודים מורכבים אלה, אם כי אין אבדן של תחושת מגע, כאב או טמפרטורה באופן כללי.

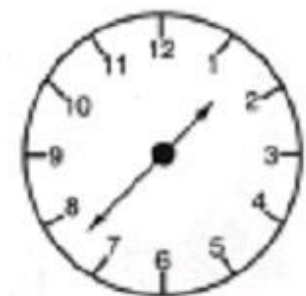
Posterior parietal lobe



החלק האחורי של
האונה הפרייטלית
כולל אזורים
אסוציאטיבים
מולטימודליים
(אסוציאציה בין
תחושות הגוף
וחוש הראיה).
אזורים אלה
מעורבים בתפיסת
המרחב בכלל
והגוף במרחב,
בפרט.

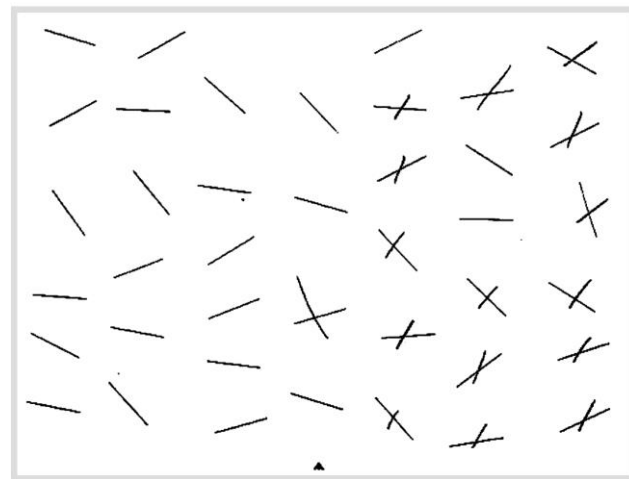
Model

Patient's copy

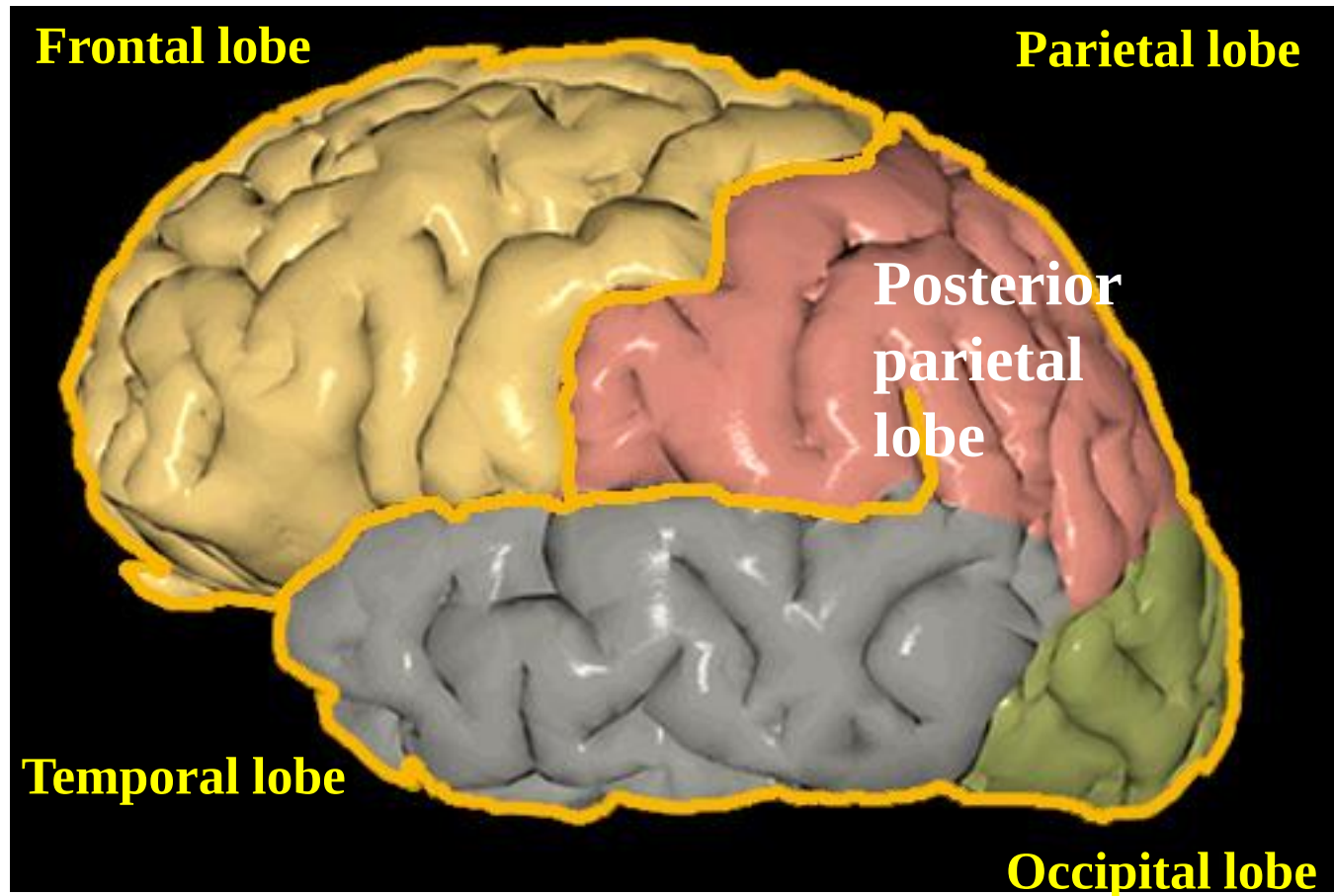


הרס של האזור האחורי של האונה
הפרייטלית בצד אחד (בעיקר בצד ימין)
יגרום ל-unilateral neglect.

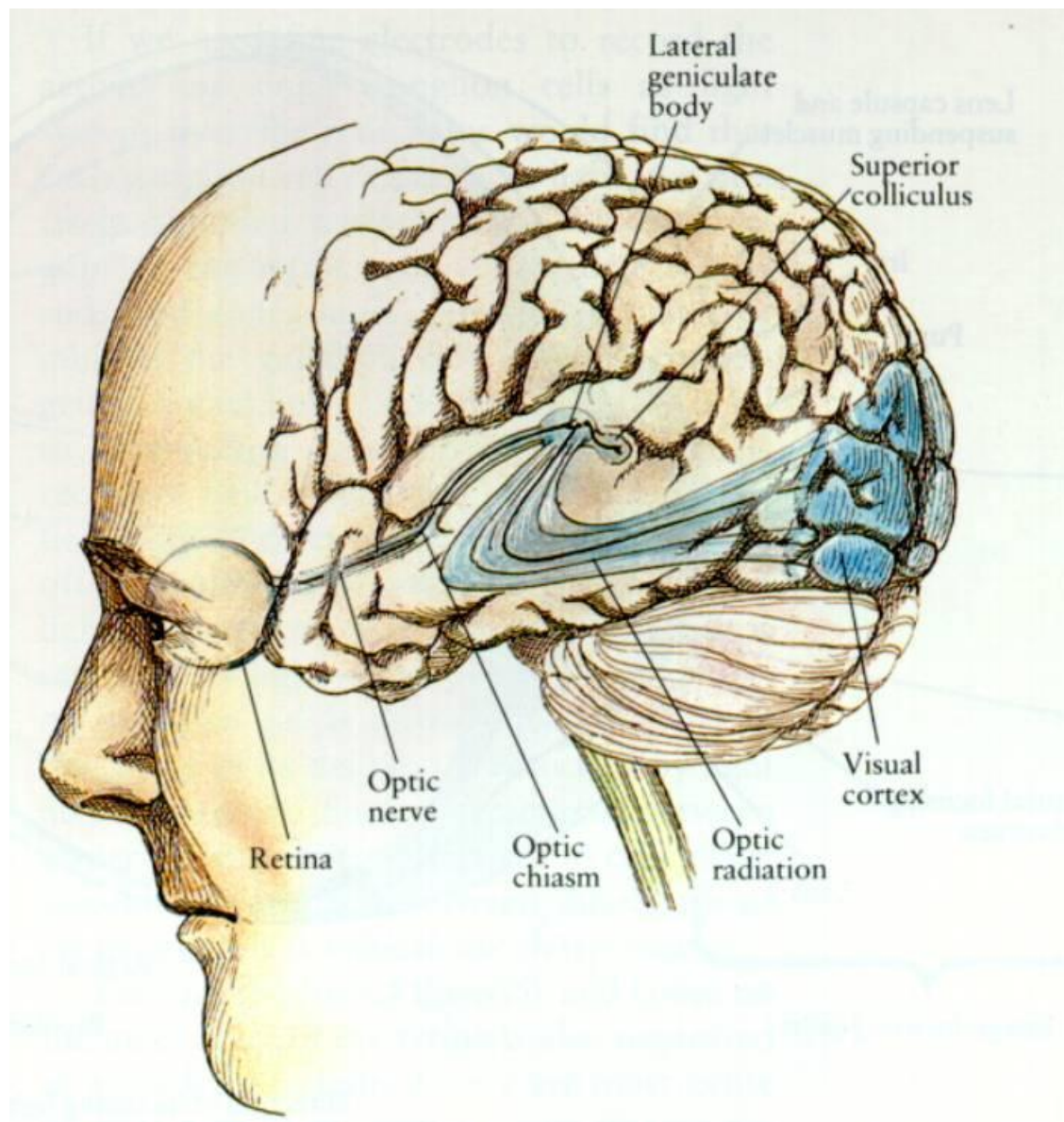
החולה לא ישים לב לגירויים הבאים
מהצד הנגדי לנזק, למשל יאכל רק מצד
אחד של הצלחת, יצייר רק חצי של
שעון/בית/פרח, ימחק רק קוים בצד אחד
של הדף (תמונה למטה), ילביש רק את
הצד הבריא של גופו, יגלח צד אחד של
הפנים, ויכחיש שהצד הנגדי של גופו
שייך אליו (למשל, ישאל את הרופא "של
מי הרגל הזאת שמוטלת במיטה שלי?".



קליפת המוח
חלוקה ראשונית



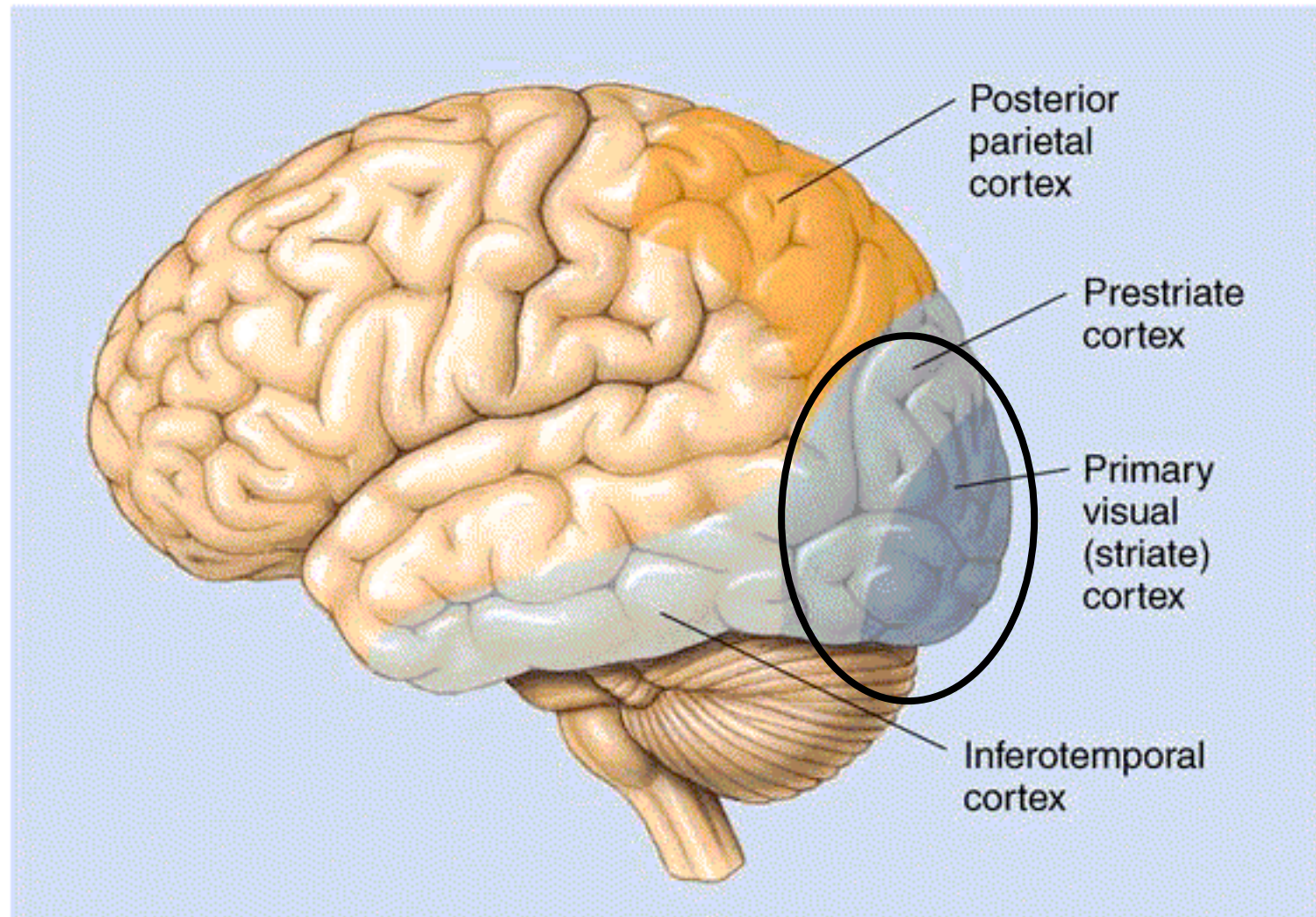
The occipital lobe



האונה האופיטלית
כוללת בחלקה האחורי את
האזור הראייתי הראשוני -

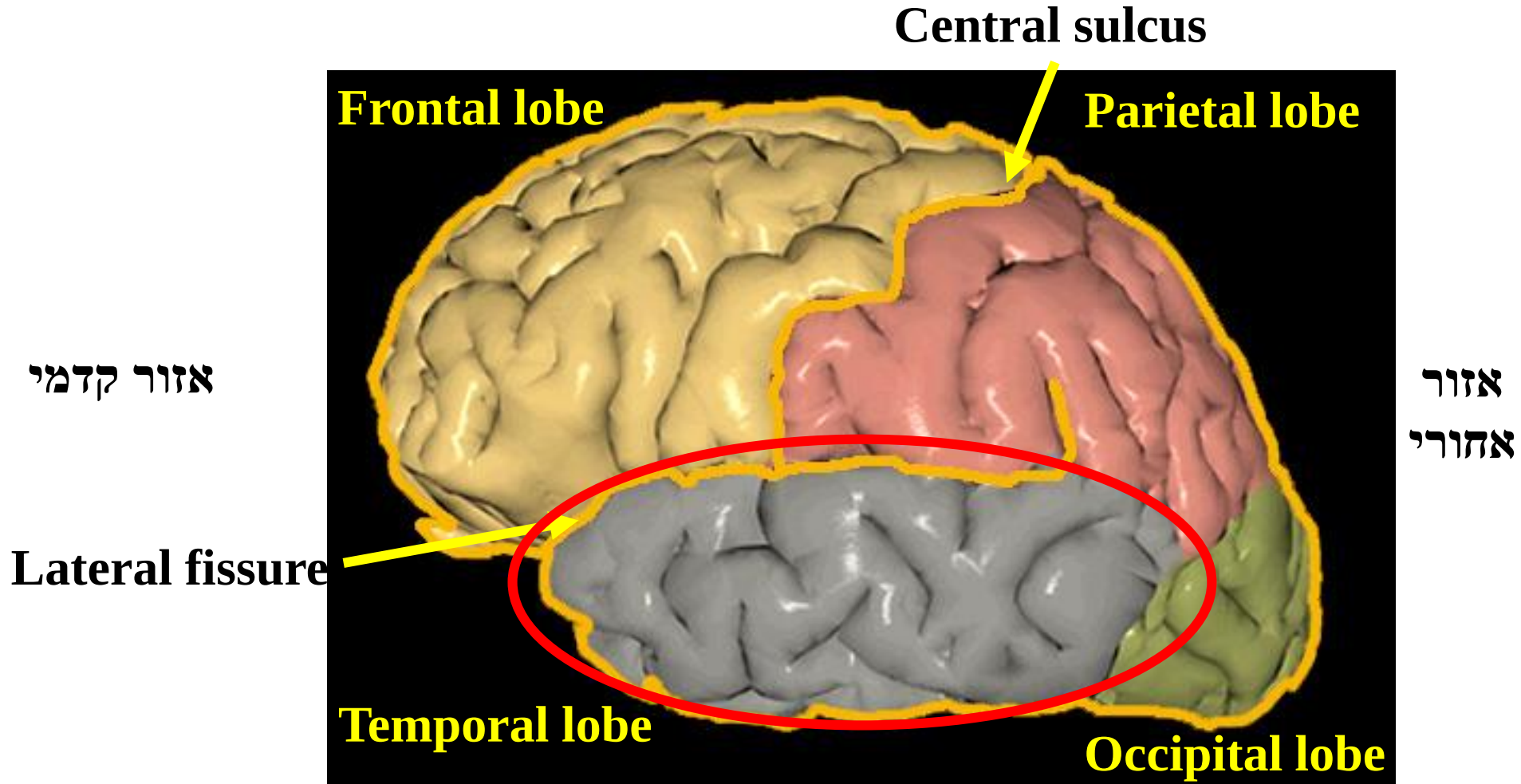
Primary visual cortex. אזור זה נקרא
גם ה"קורטקס המפוספס"
(**striate cortex**),
בגלל אלומות אקסונים
(חמר לבן) שעולות לאזור
זה (מובילות אינפורמציה
ויזואלית) ויוצרות מעין
פסים בחמר האפור. הרס
של אזור זה יביא לעיוורון
כמעט מוחלט.

► Visual Areas of the Human Cerebral Cortex

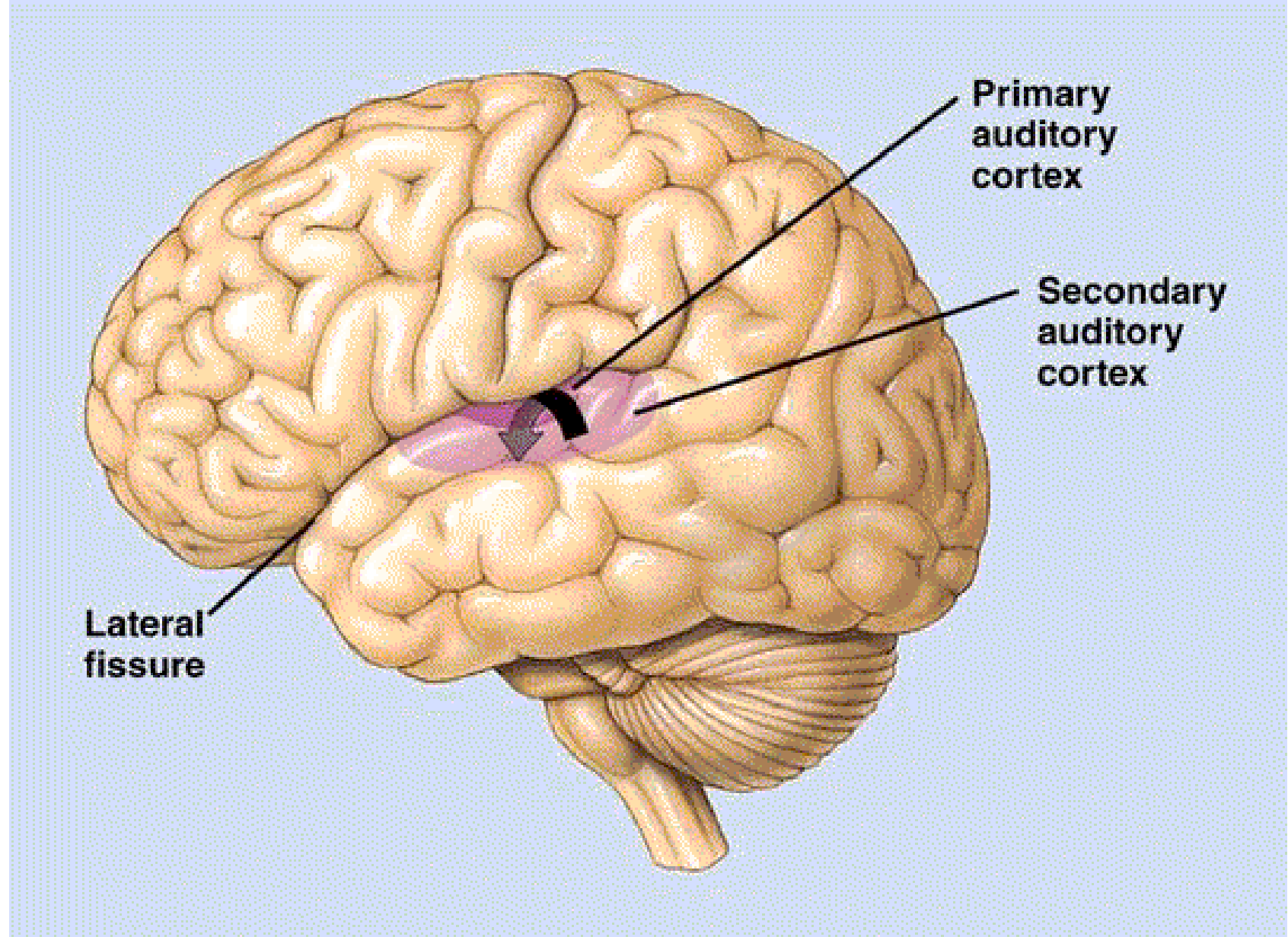


מסביב לאזור הראשוני יש אזור ראייתי אסוציאטיבי יונימודלי. אזור זה נקרא גם ה- **Prestriate** או ה- **Extra-striate** (כלומר, מחוץ לאזור הראשוני המפוספט).

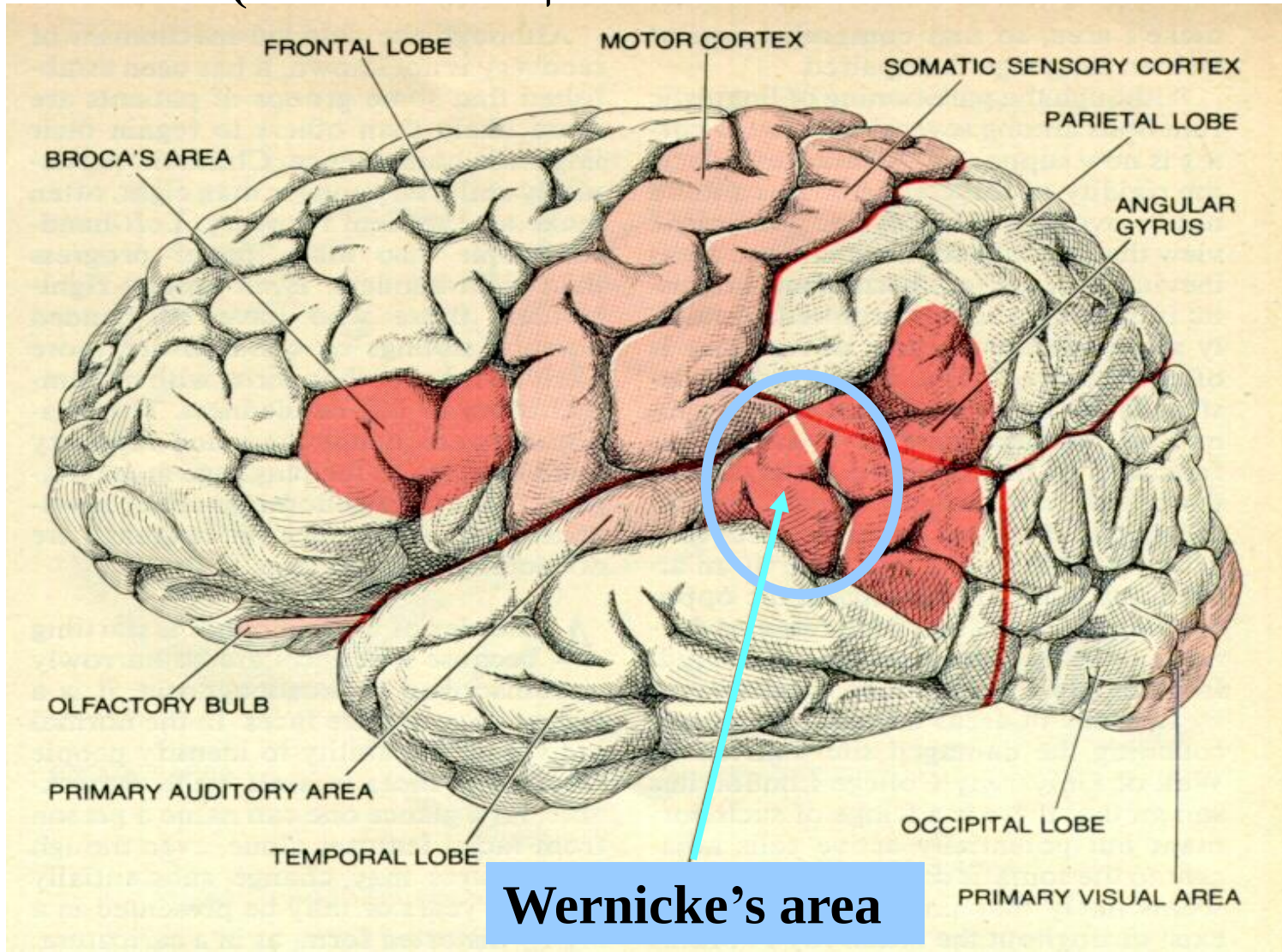
קליפת המוח: חלוקה ראשונית
האונה הטמפורלית



האונה הטמפורלית כוללת בחלקה העליון אזורים שעוסקים באינפורמציה שמיעתית (אזור שמיעתי ראשוני ואסוציאטיבי יונימודלי שמיעתי).

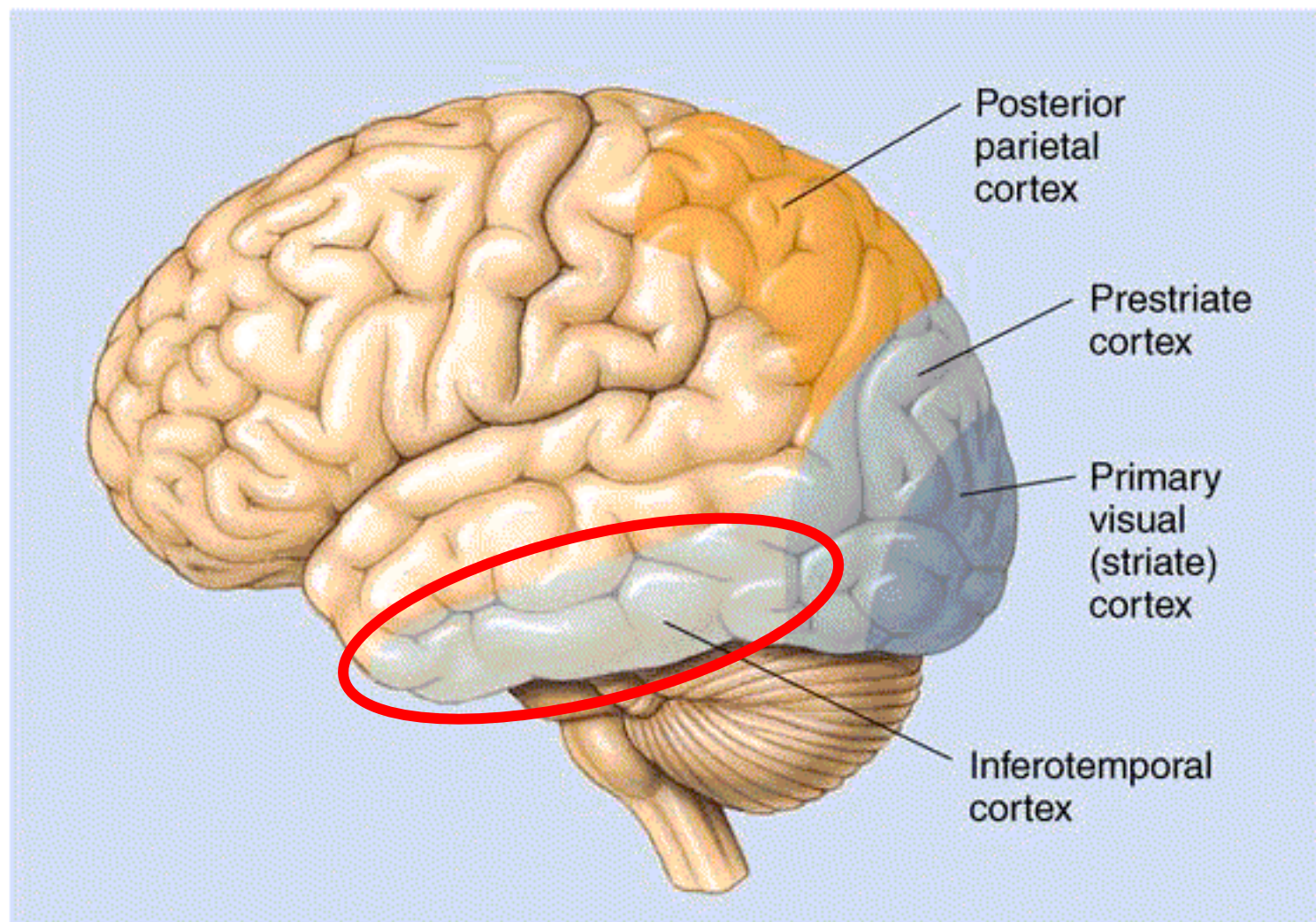


חלק מהאזור האסוציאטיבי השמיעתי שנמצא באזור העליון האחורי של האונה הטמפורלית השמאלית נקרא אזור ורניקה (Wernicke's area). אזור זה אחראי להבנה של שפה מדוברת. הרס שלו יביא לחוסר יכולת להבין שפה מדוברת (למרות שהחולה יכול לשמוע את הצלילים ללא קושי ויכול לדבר).



החלק התחתון של האונה הטמפורלית (Inferior temporal lobe) עוסק בעיבוד מתקדם של אינפורמציה ויזואלית ותפיסה של תבניות ראיתיות מורכבות.

► Visual Areas of the Human Cerebral Cortex



סביבה חיצונית



אזורים סנסוריים ראשוניים



אזורים אסוציאטיבים יונימודלים



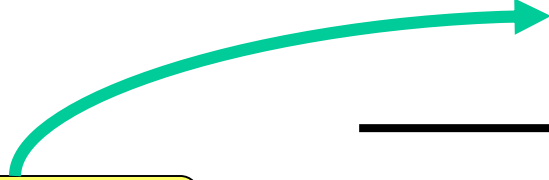
אזור אסוציאטיבי אחורי



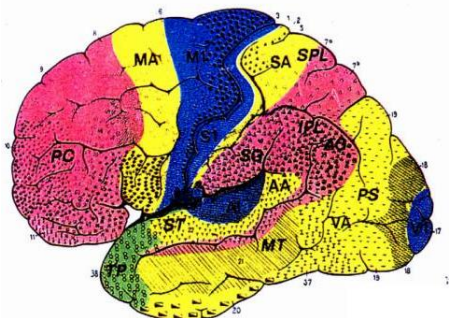
מערכת מוטורית



אזור אסוציאטיבי קידמי (תכנון ואסטרטגיה)



סביבה פנימית



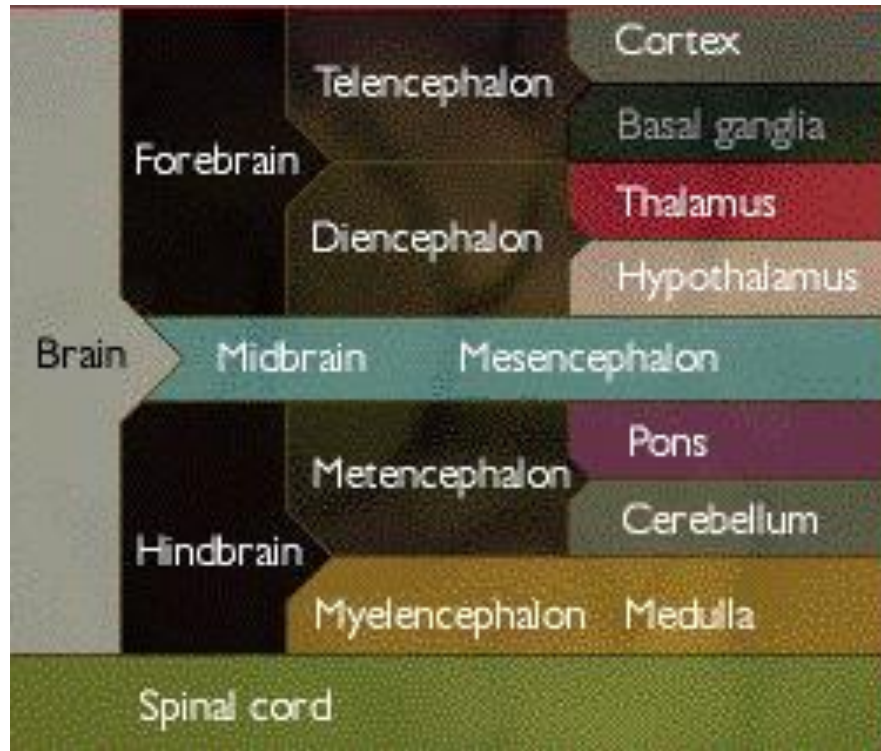
אזורים קורטיקליים ששייכים למערכת הלימבית (The limbic system)



המערכת הלימבית כוללת מספר אזורים שקשורים זה לזה באופן אנטומי וביחד עוסקים באינטגרציה ופיקוח על אספקטים גלובליים של פעילות המח וההתנהגות, כולל רגשות, קשב, מוטיבציה, למידה וזיכרון. חלק מאזורי המערכת הלימבית הם אזורים קורטיקליים שנמצאים בצד המדיאלי של הקורטקס ויוצרים את הגבול (לימבוס ביוונית) המדיאלי של הקורטקס.

מערכת העצבים המרכזית

חלוקה כללית



מבט מאחור



מבט מהצד

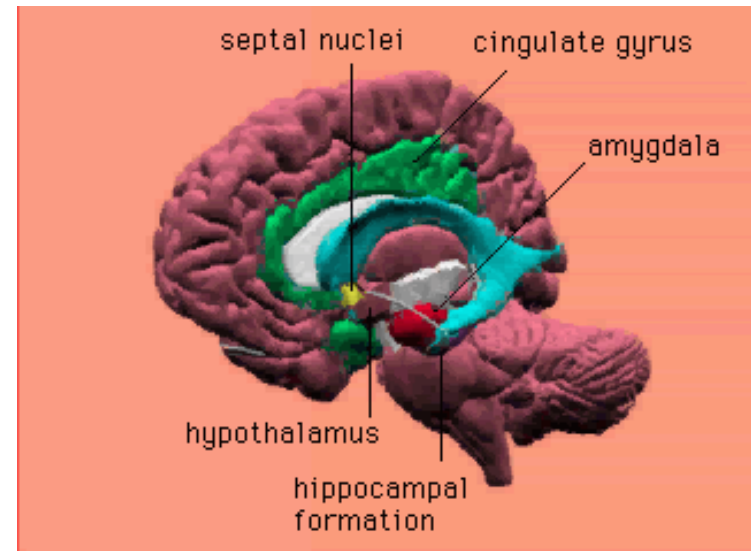
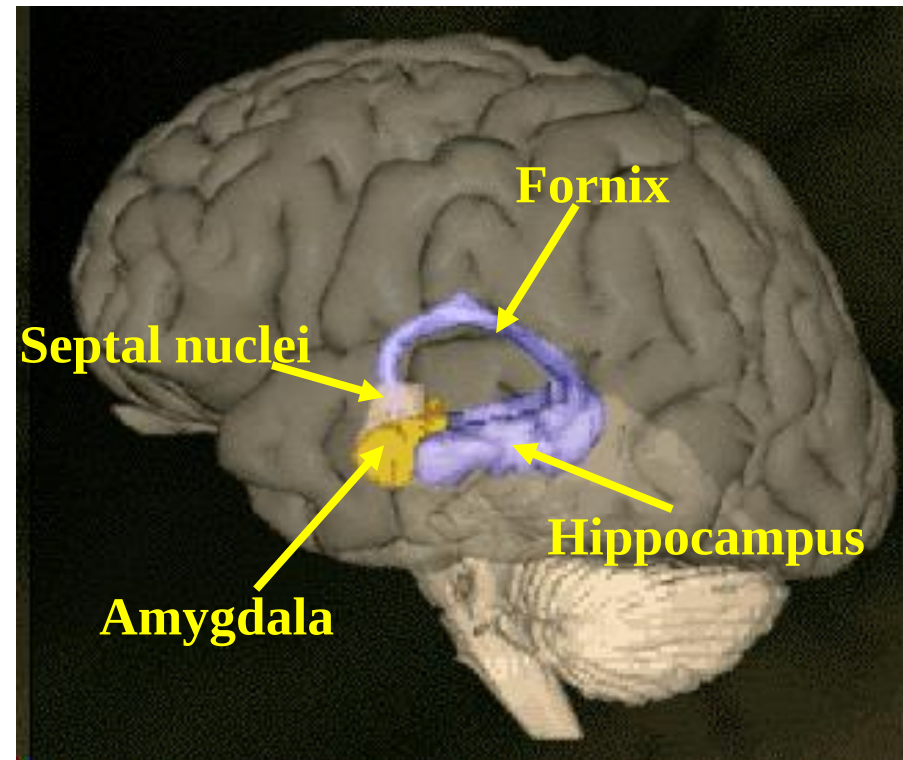
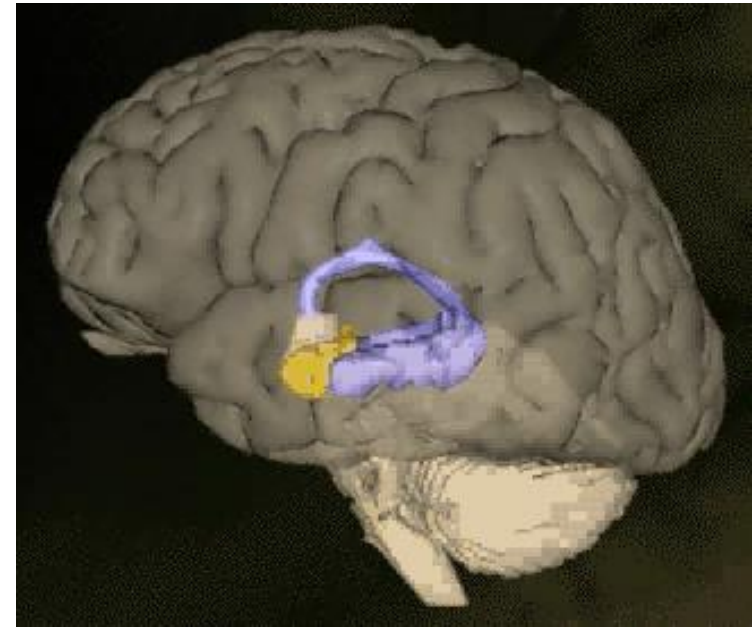


עד כאן דיברנו רק על אזורים של הקורטקס. מכאן ואילך נדבר על צברי תאים שנמצאים מתחת לקורטקס, באזורים יותר עמוקים של המוח. בדרך כלל צבר תאים במח נקרא גרעין (Nucleus), בעוד שצבר תאים בפריפריה נקרא גנגליון (Ganglion).

מתחת לקורטקס, עדיין בforebrain, נמצאות מספר מערכות של גרעינים עמוקים: המערכת הלימבית, הגרעינים הבזליים, התלמוס וההיפותלמוס. אלו הן מערכות כי בכל אחת נכללים מספר גרעינים במיקומים אנטומיים נפרדים, והגרעינים המרכיבים כל מערכת קשורים מבחינה אנטומית של קלט ופלט בינם ובין עצמם, וכן עם חלקים נרחבים של הקורטקס.

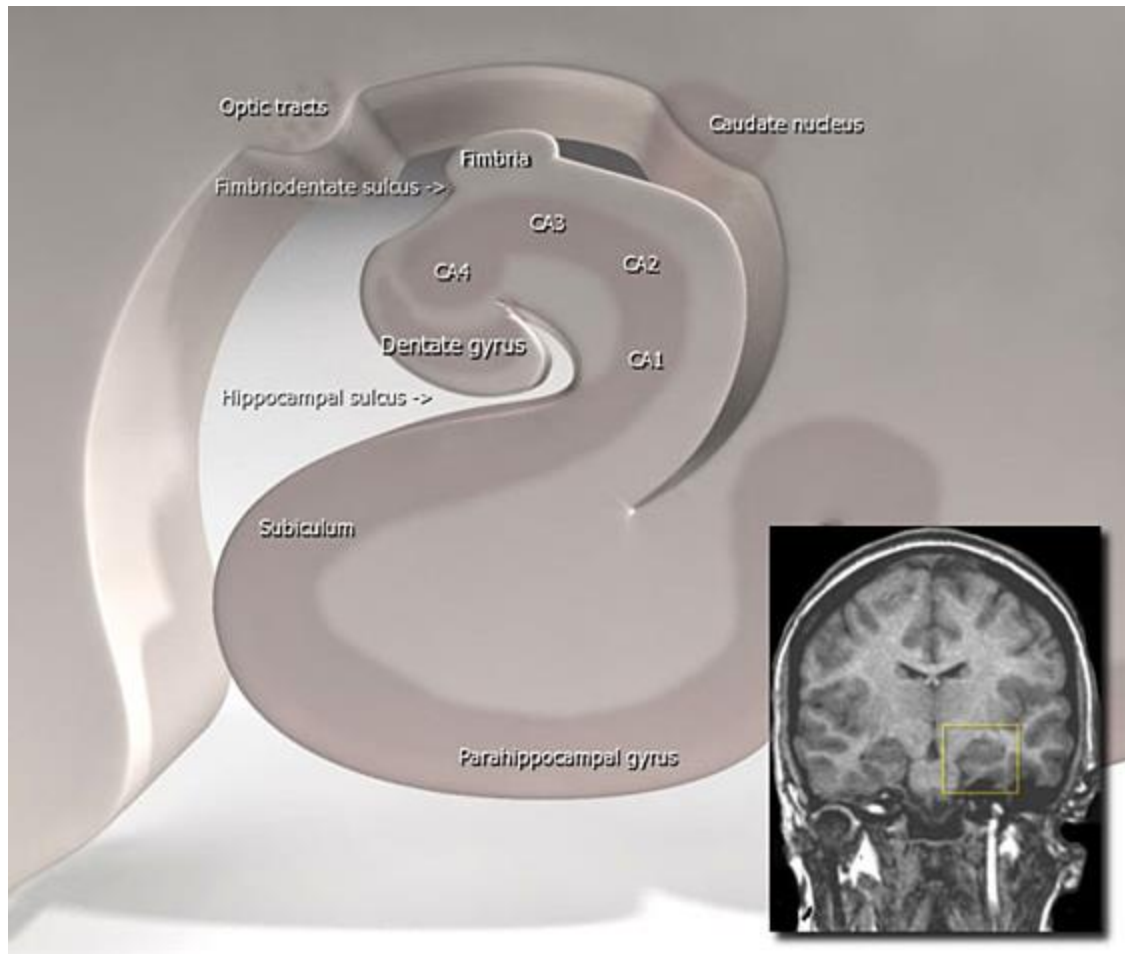
המערכת הלימבית

אזורים תת-קורטיקליים של המערכת
הלימבית כוללים את ההיפוקמפוס
(Hippocampus), אמיגדלה
(Amygdala), פורניקס (Fornix)
והגרעינים הספטליים (Septal nuclei).

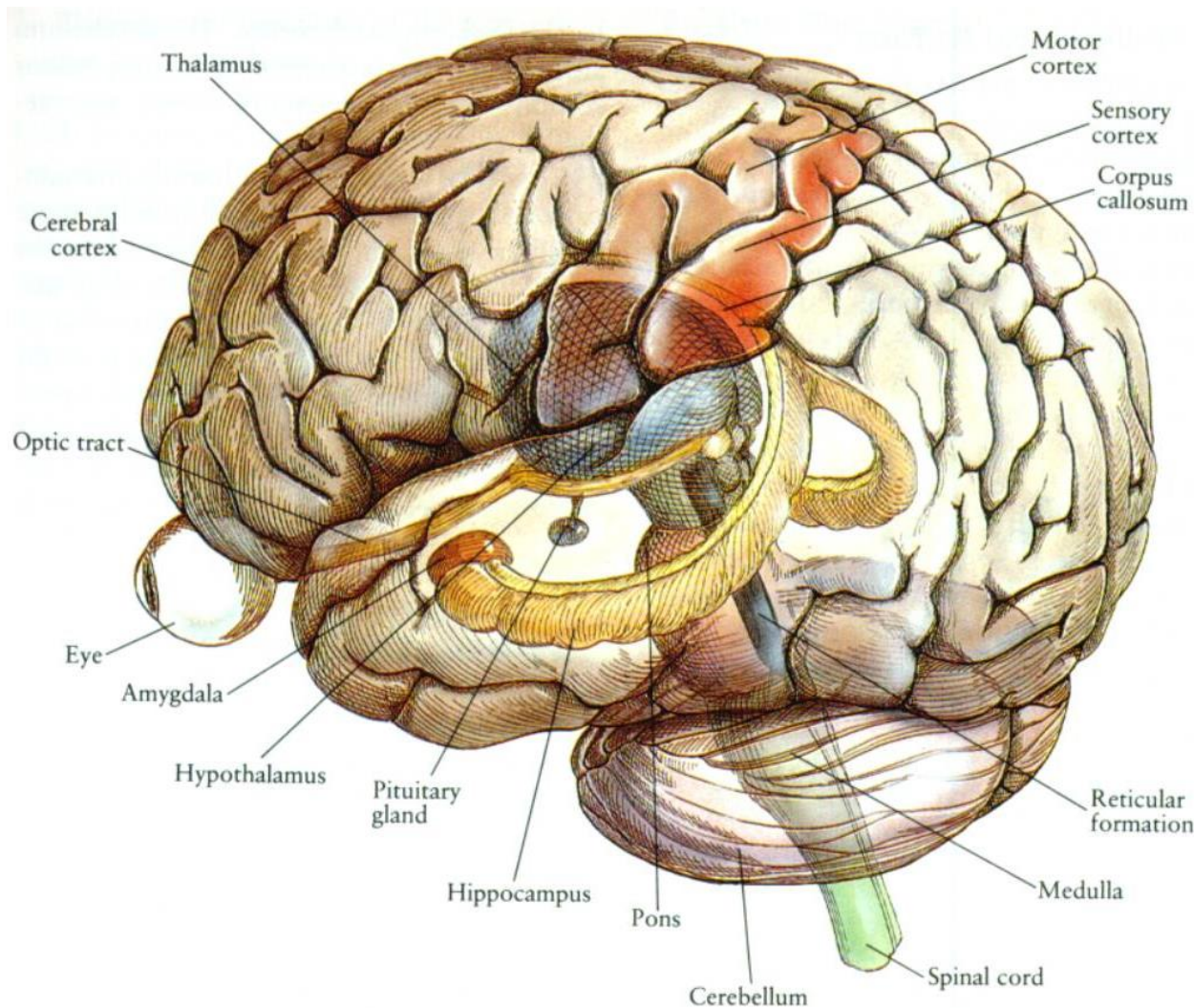


ההיפוקמפוס (hippocampus)

אזור זה קיבל את שמו כיון שבחלק מהחתכים שלו יש לו צורה דמוית סוסון ים (היפוקמפוס בלטינית).

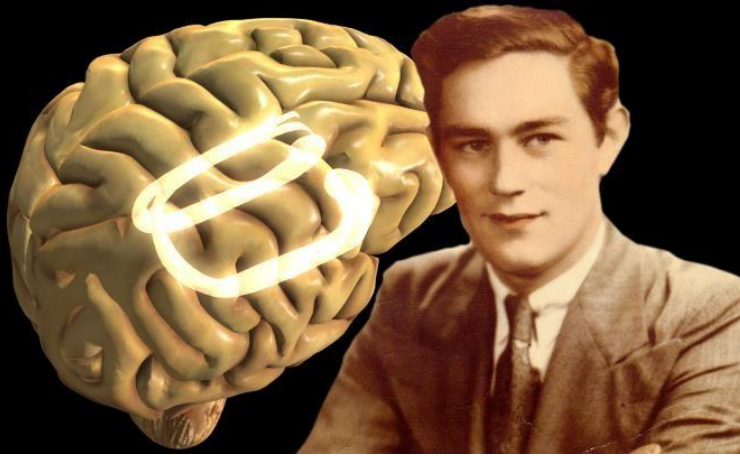


ההיפוקמפוס (hippocampus)



ההיפוקמפוס הוא מבנה מאורך שנמצא מתחת לקורטקס של האונה הטמפורלית. אזור זה מקבל ושולח מידע מחלקים נרחבים של הקורטקס. הוא מעורב ביצירה ושמירה של זיכרון, בעיקר זיכרון של ארועים ועובדות וכן זיכרון מרחבי. הרס בהיפוקמפוס יכול להוביל לחסר מוחלט ביכולת ליצור זיכרונות חדשים (לדוגמא H.M.).

HM : המקרה המפורסם ביותר של אמנזיה בעקבות ניתוח להסרת ההיפוקמפוס



בתמונות
מסומנים
החלקים
שהוסרו
ממוחו של
H.M.

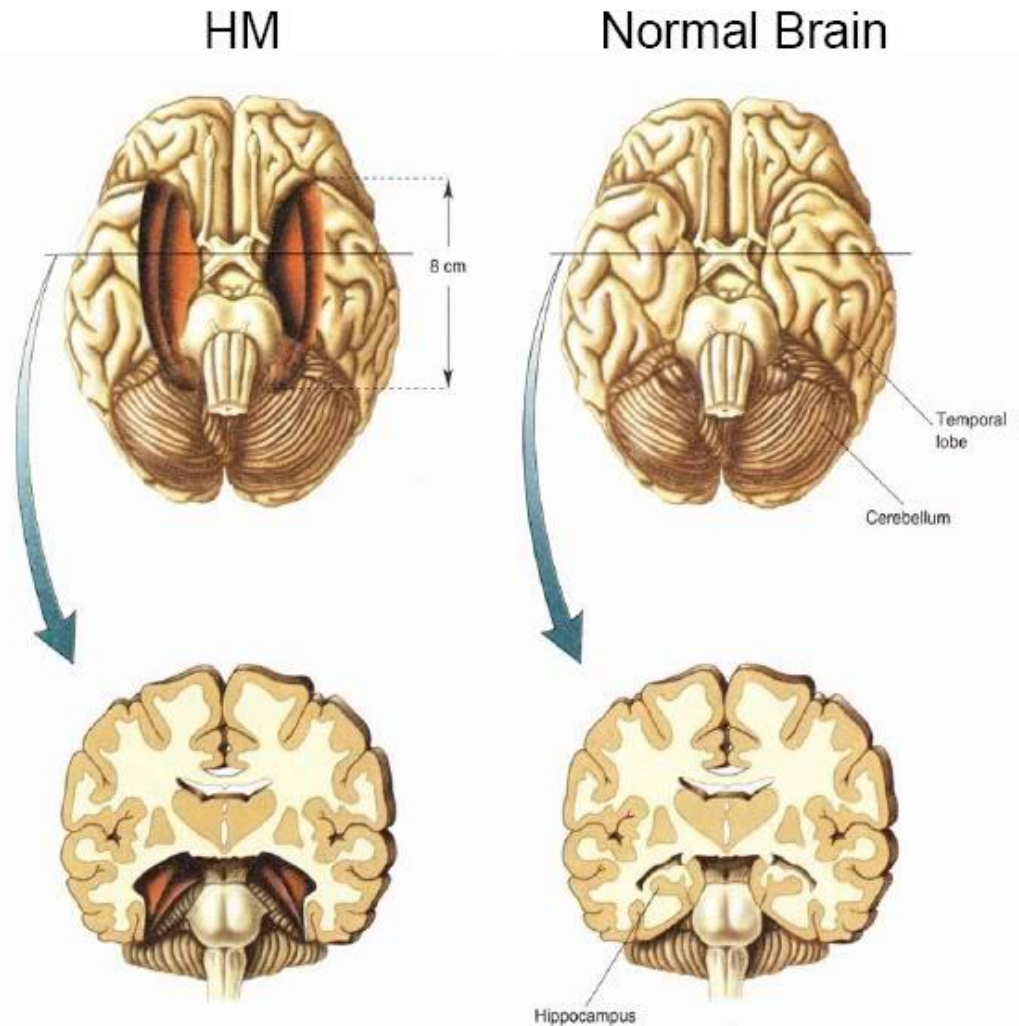
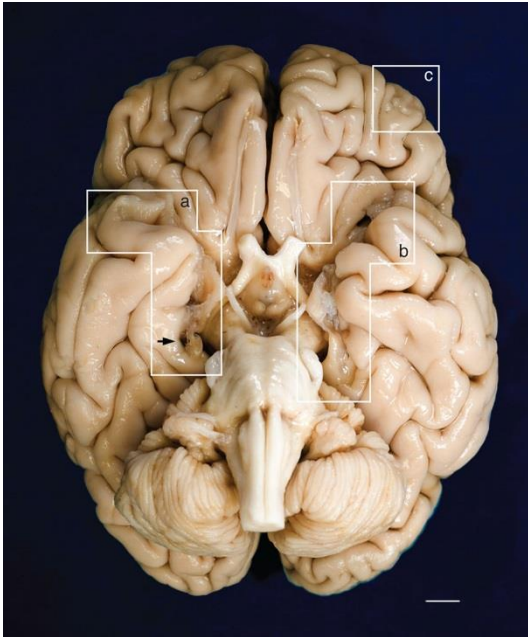




Fig. 1



John O'Keefe

John O'Keefe discovered, in 1971, that certain nerve cells in the brain were activated when a rat assumed a particular place in the environment. Other nerve cells were activated at other places. He proposed that these "place cells" build up an inner map of the environment. Place cells are located in a part of the brain called the hippocampus.

May-Britt Moser and
Edvard I. Moser



May-Britt och Edvard I. Moser discovered in 2005 that other nerve cells in a nearby part of the brain, the entorhinal cortex, were activated when the rat passed certain locations. Together, these locations formed a hexagonal grid, each "grid cell" reacting in a unique spatial pattern. Collectively, these grid cells form a coordinate system that allows for spatial navigation.

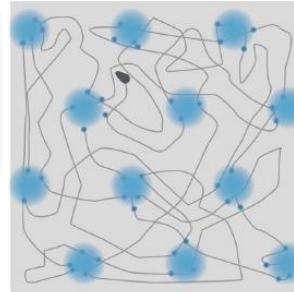


Fig. 2

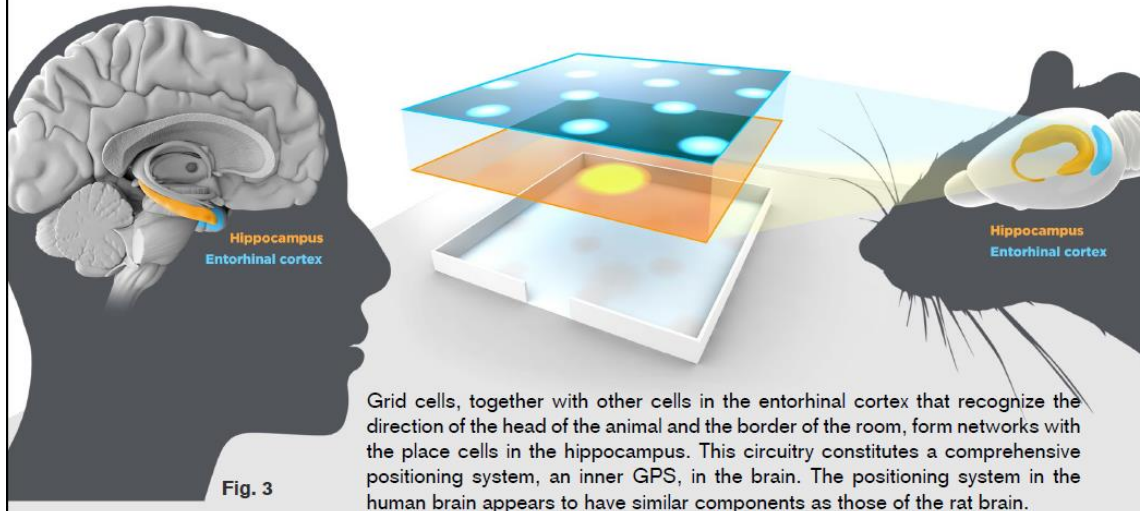
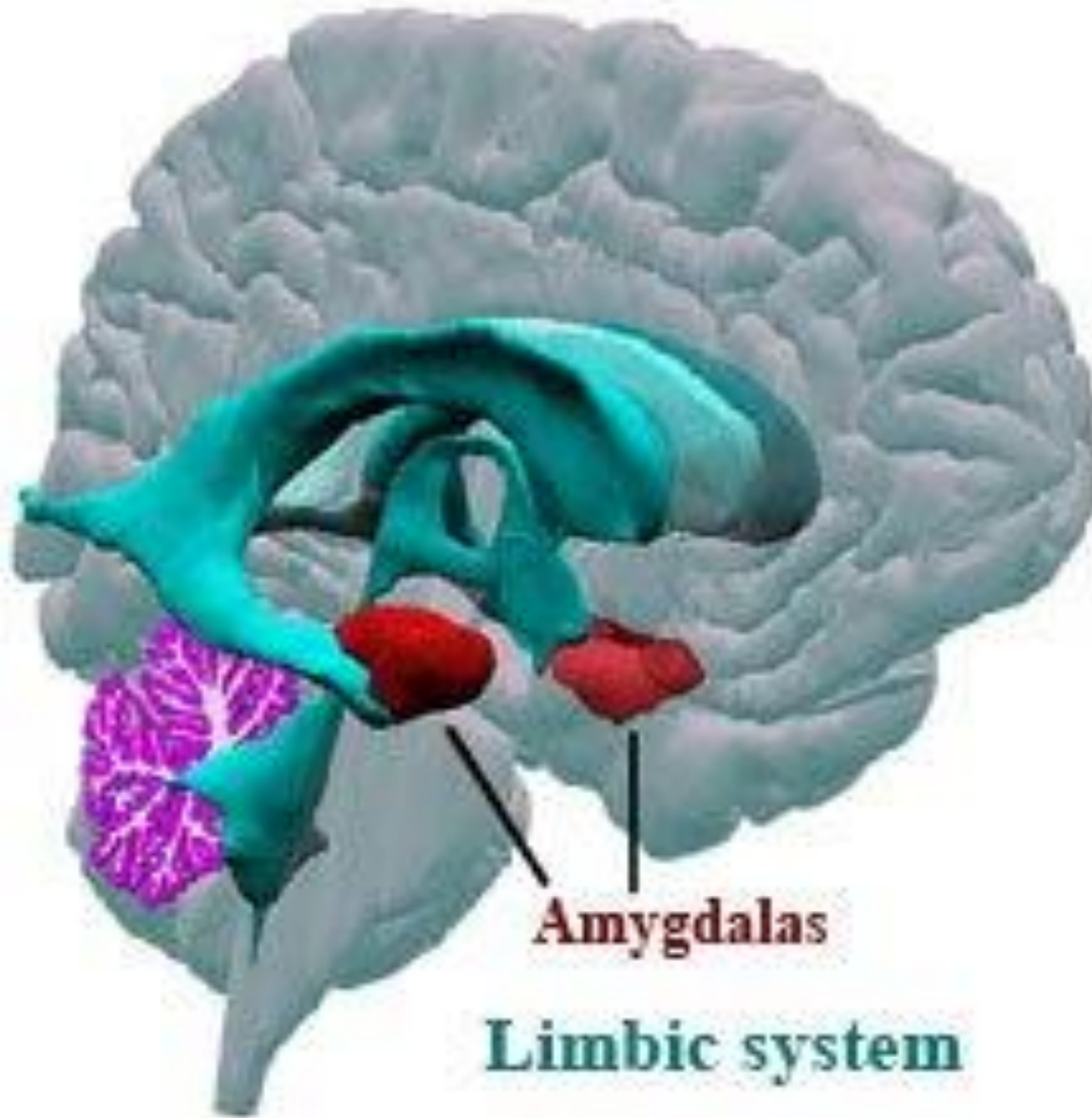


Fig. 3

Grid cells, together with other cells in the entorhinal cortex that recognize the direction of the head of the animal and the border of the room, form networks with the place cells in the hippocampus. This circuitry constitutes a comprehensive positioning system, an inner GPS, in the brain. The positioning system in the human brain appears to have similar components as those of the rat brain.

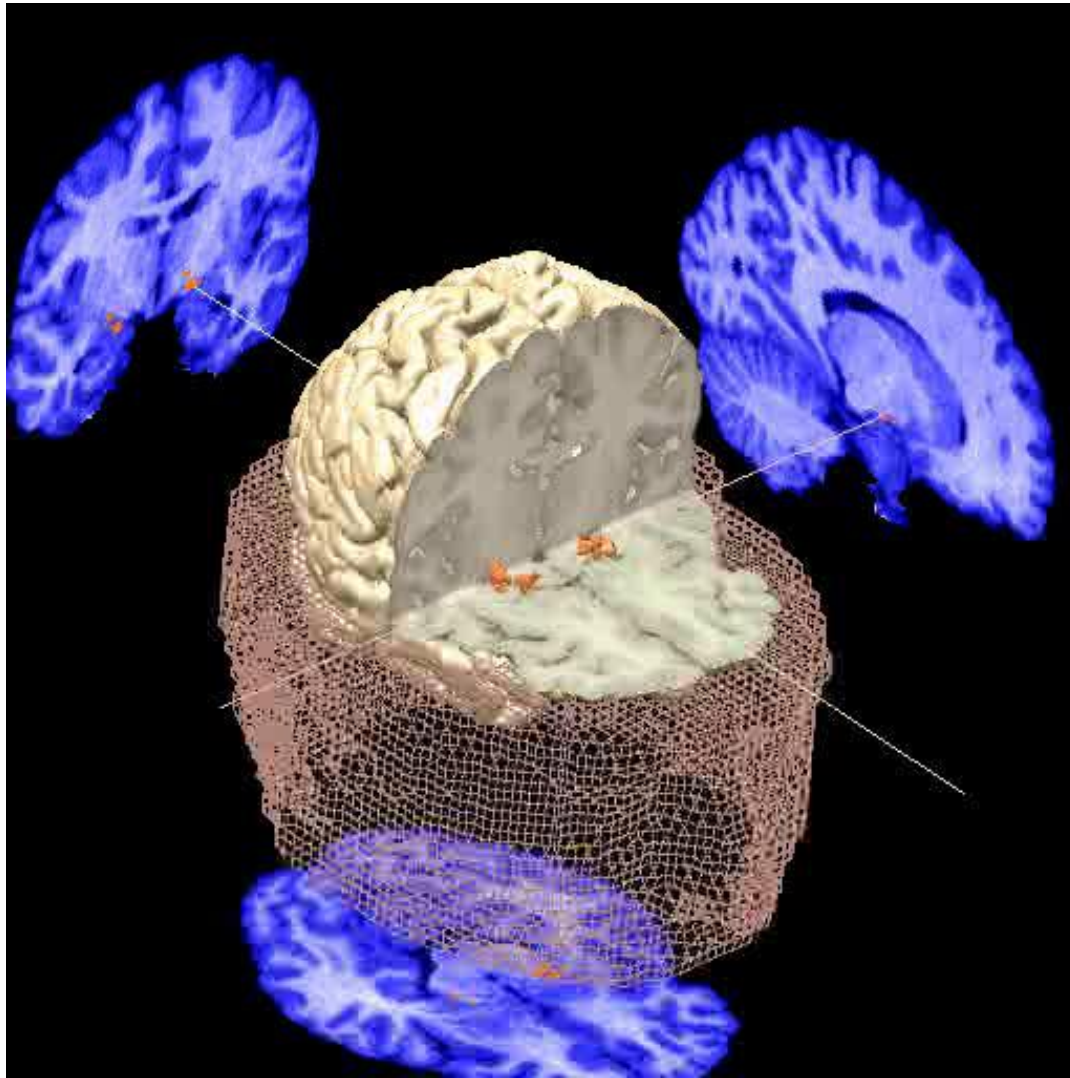
ג'והן אוקיף, מיי-ברייט
ואדוורד מוזר גילו את הקיום
ואיפיינו את התפקוד של תאים
מיוחדים בהיפוקמפוס
שמתפקדים כמערכת המיקום
של המח (מעין מערכת GPS).
מערכת זאת מאפשרת לנו
לנווט במרחב תלת מימדי.
במחלות ניוון עיצבי (מחלות
נוירודגנרטיביות, כמו מחלת
אלצהיימר), זוהי אחת
המערכות הראשונות להפגע
ולכן יכולת המיקום המרחבי
יורדת.

האמיגדלה (Amygdala)



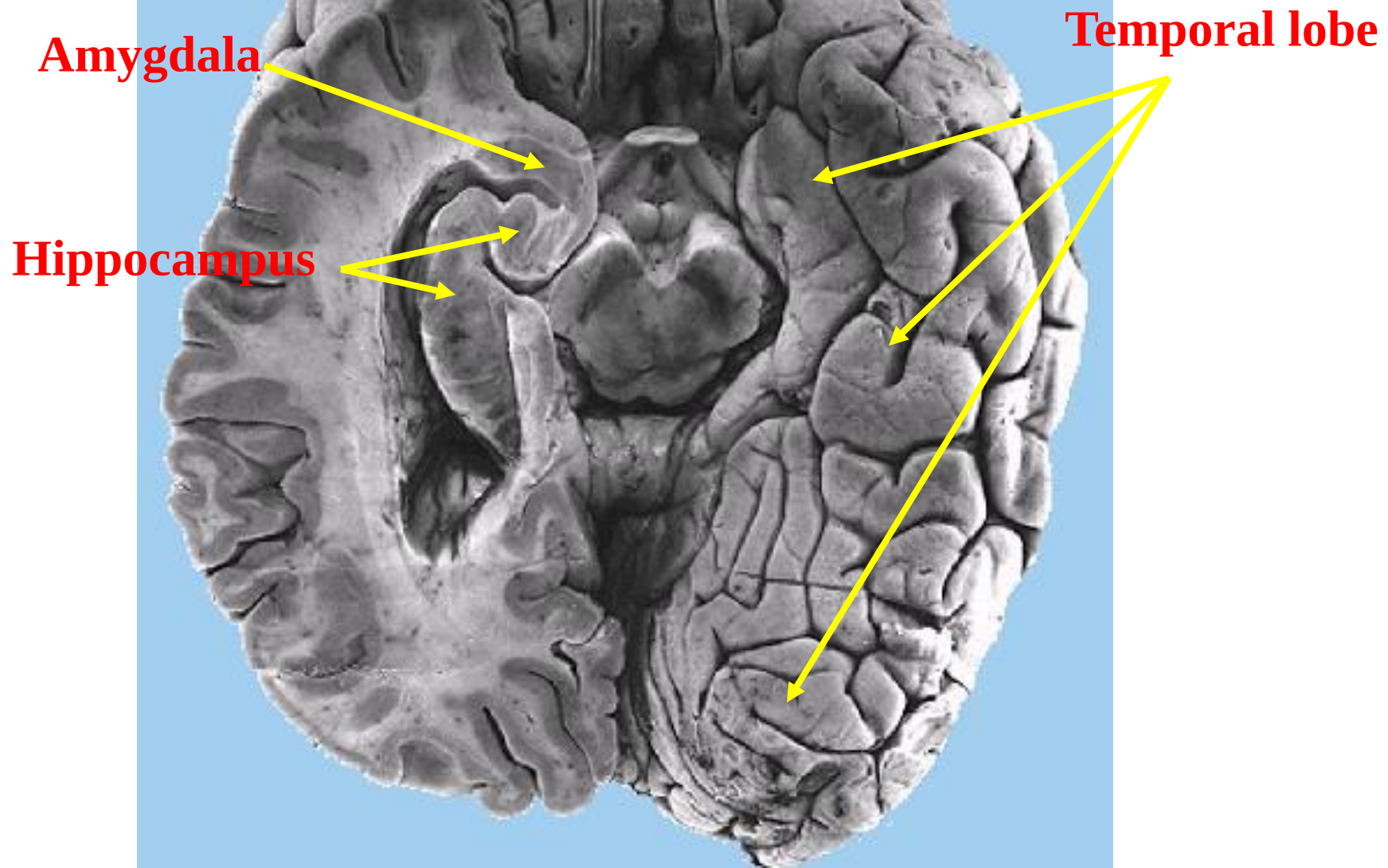
האמיגדלה
(מיוונית –
"דמוי אגוז")
נמצאת מתחת
לקצה הקדמי של
האונה
הטמפורלית.

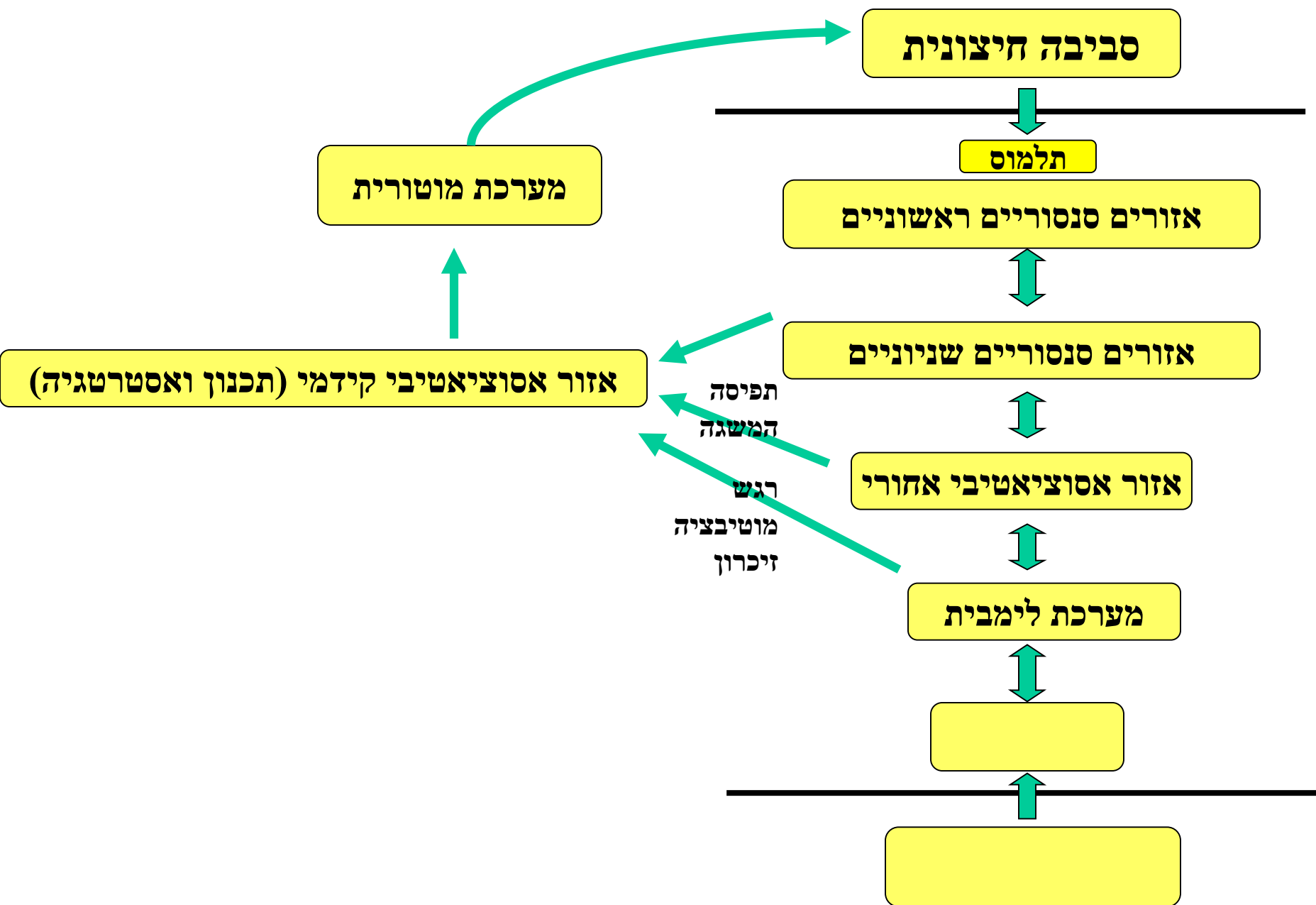
האמיגדלה (Amygdala)



אזור זה מעורב
באספקטים שונים של
רגש (בעיקר פחד), כולל
אינטגרציה ושליטה על
מרכיבים פסיכולוגיים
והשלכות התנהגותיות
של רגשות. בנוסף,
האמיגדלה מווסתת גם
על האספקטים הגופניים
(אוטונומיים) של הרגש
כמו עליה בקצב הלב,
לחץ הדם וכו'.

הדמית fMRI של האמיגדלה בזמן צפיה בתמונות נגטיביות לעומת
נייטרליות (רמת הצבע משקפת הפעלת יתר של האזור בתנאי הראשון)





הגרעינים הבזליים (Basal ganglia)

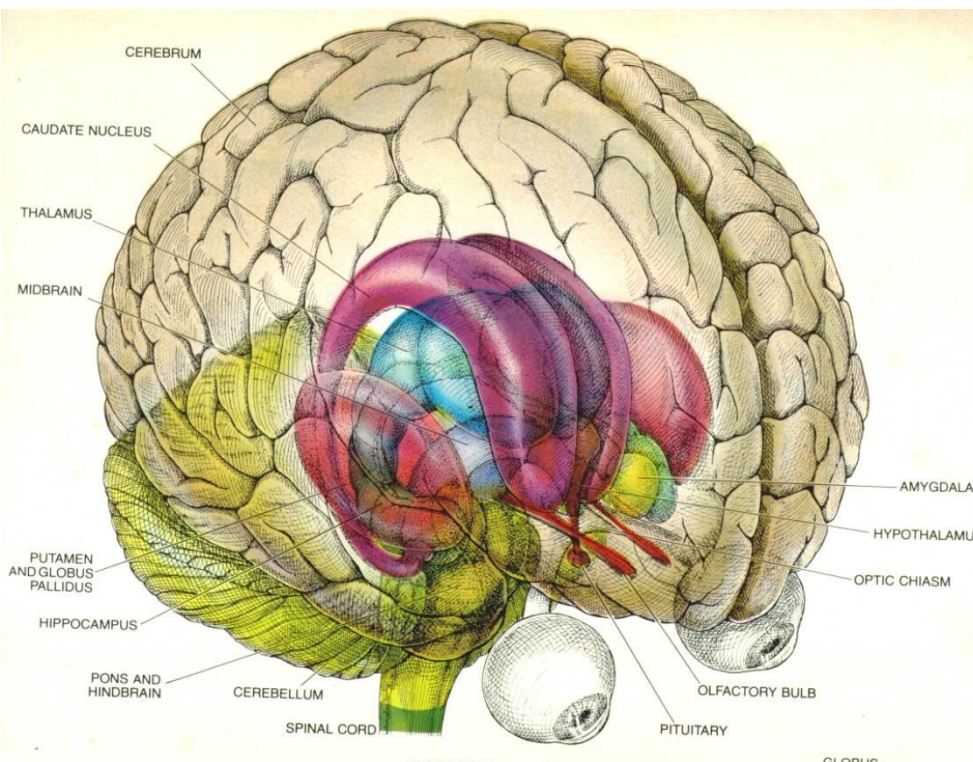
גרעינים אלה נקראים באנגלית Basal Ganglia – המינוח הוא יוצא מן הכלל כיון שכאמור במחצברי תאים נקראים Nuclei.

הגרעינים הבזליים ידועים בעיקר בהקשר של פעילות מוטורית, אם כי לאחרונה מייחסים למערכת זו יותר ויותר תפקידים קוגניטיביים.

הגרעינים הבזליים חשובים ל: (1) יצירת הפקודה לתנועה מוטורית ספציפית. כנראה שהם מסייעים לאזורי הקורטקס המוטוריים לעשות סלקציה של התנועה המתאימה מתוך הרפרטואר המוטורי האפשרי. (2) יצירה ושליטה על הרגלים

מוטוריים, והתנהגותם בכלל. (3) עדכון הקורטקס לגבי מידת ההצלחה של תנועות

מוטוריות עכשוויות (ביחס לכוונה ההתנהגותית) לצורך שיפור תנועות והרגלים מוטוריים עתידיים. (4) מוטיבציה, חיזוק התנהגותי (reward), ולמידה מוטורית שמבוססת על חיזוק instrumental learning/reinforcement.



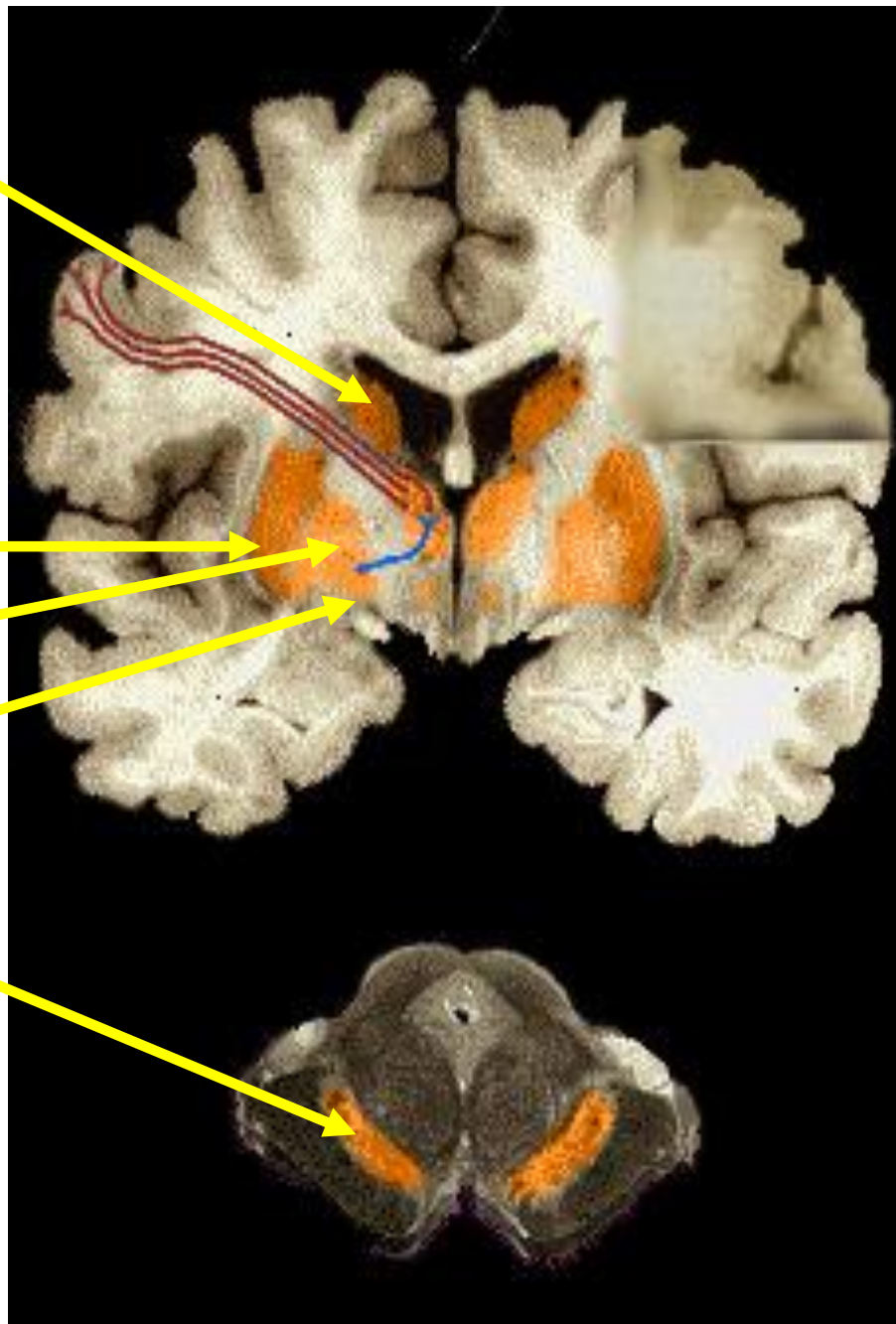
Caudate Nucleus

Putamen

Globus Palidus

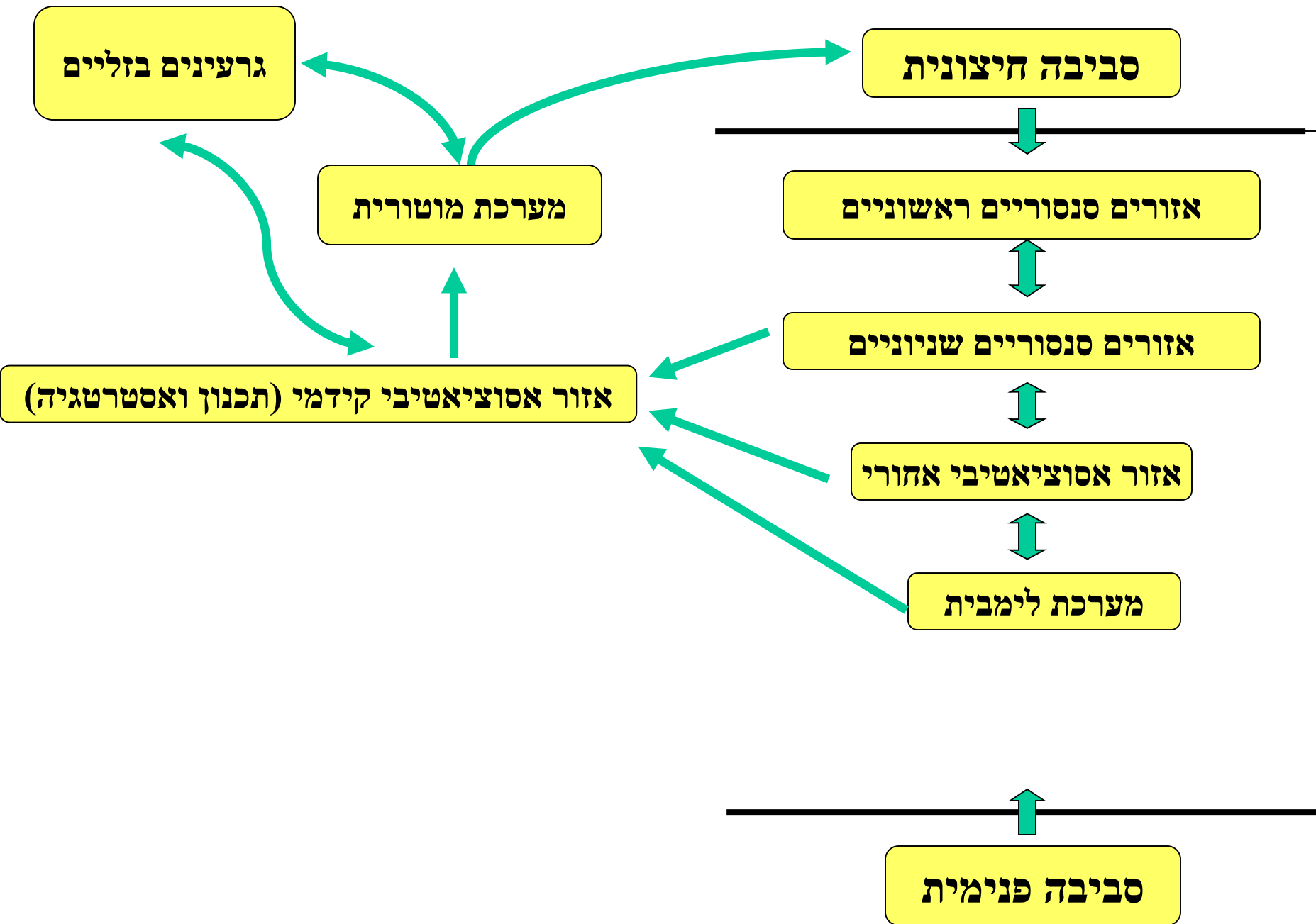
**Nucleus
accumbens**

Substantia Nigra

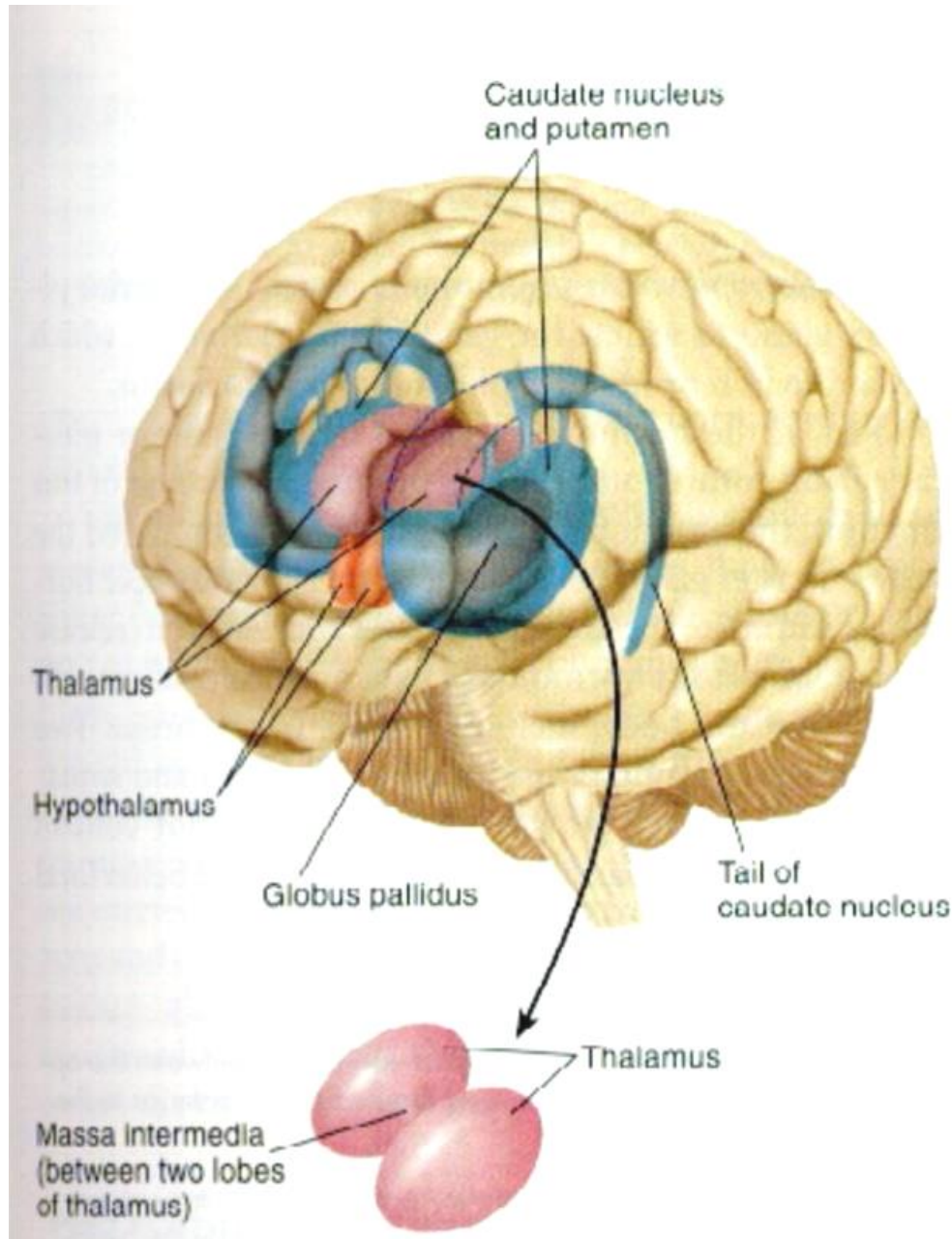


האנטומיה של
הגרעינים הבזליים
היא מורכבת וכוללת
מספר אזורים נפרדים.
בנוסף, יש אזור
ב midbrain שקשור
לגרעינים אלה.

ניתן ללמוד על
התפקוד של
הגרעינים הבזליים
מהסימפטומים
שמאפיינים מחלות
עם פגיעה במבנה
ובתפקוד שלהם,
בעיקר מחלת
פרקינסון ומחלת
הנטינגטון.

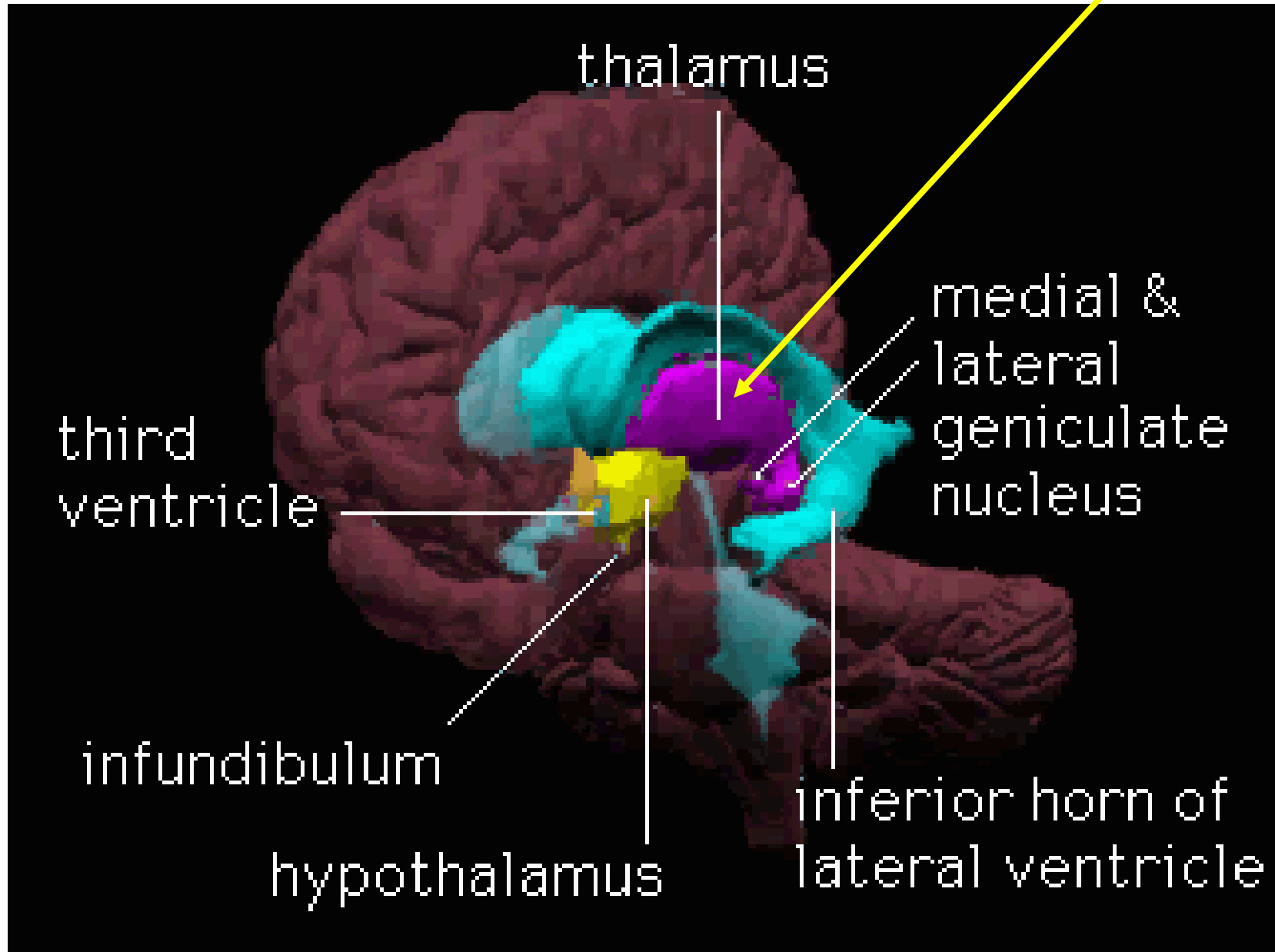


הגרעינים הבזליים והתלמוס (Thalamus)

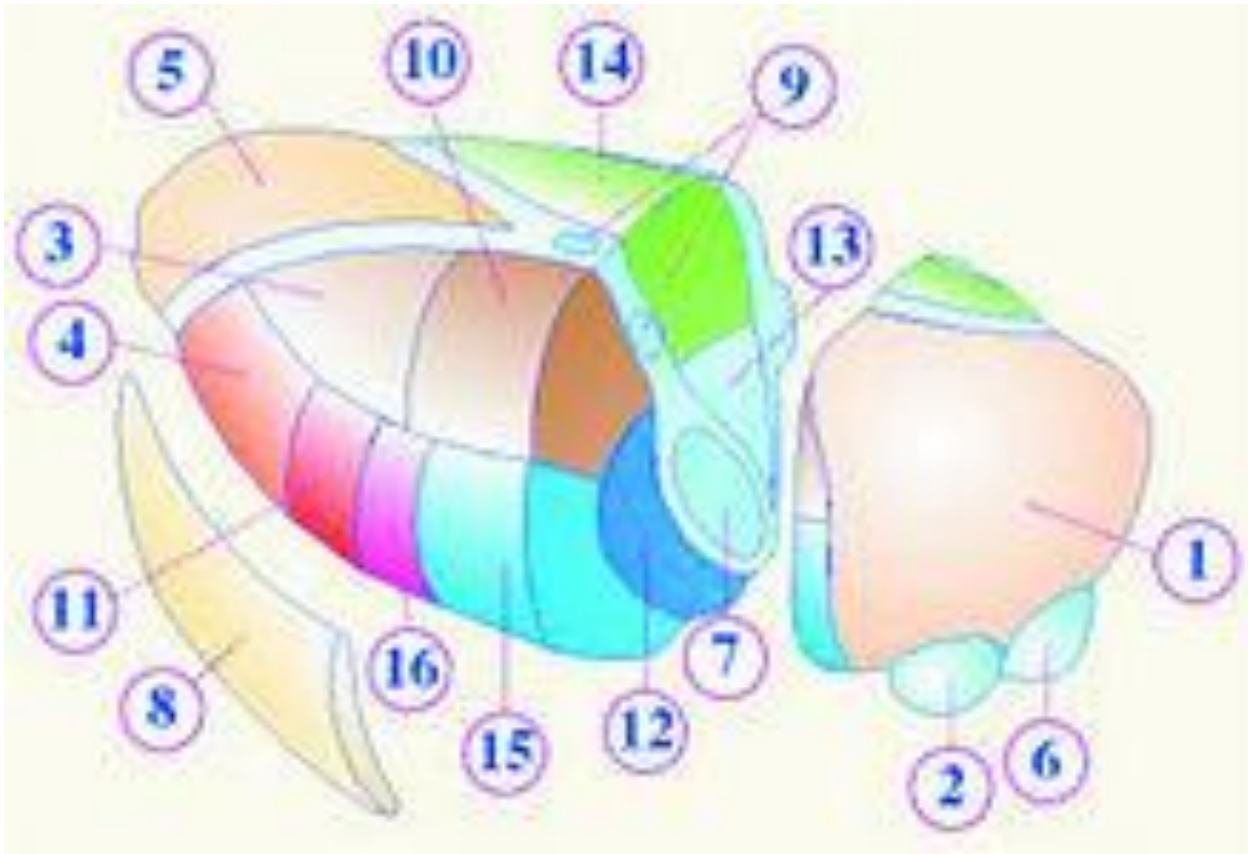


התלמוס הוא גרעין
אובלי, שנמצא מדיאלית
לגרעינים הבזליים.
התלמוס מהווה את הדופן
של האזור התחתון של
החדרים הלטרליים.

Thalamus



Subdivision of the thalamus



התלמוס מורכב ממספר גדול של גרעינים שמהווים תחנות עיבוד ראשוני ומימסר לאינפורמציה שמגיעה אל הקורטקס מחלקים נמוכים יותר של המוח. למשל, כל האינפורמציה התחושתית (סנסורית) עוברת מהחושים ומעובדת בתלמוס לפני שהיא נשלחת אל הקורטקס.

תאים שגופם בתלמוס שולחים אקסונים אל הקורטקס הסנסורי הראשוני. היוצא מהכלל מבין החושים הוא חוש הריח שהמידע לגביו מגיע ישירות מהאזור התחושתי הראשוני (אונת הריח שנמצאת מעל הסינוסים של האף) אל הקורטקס.

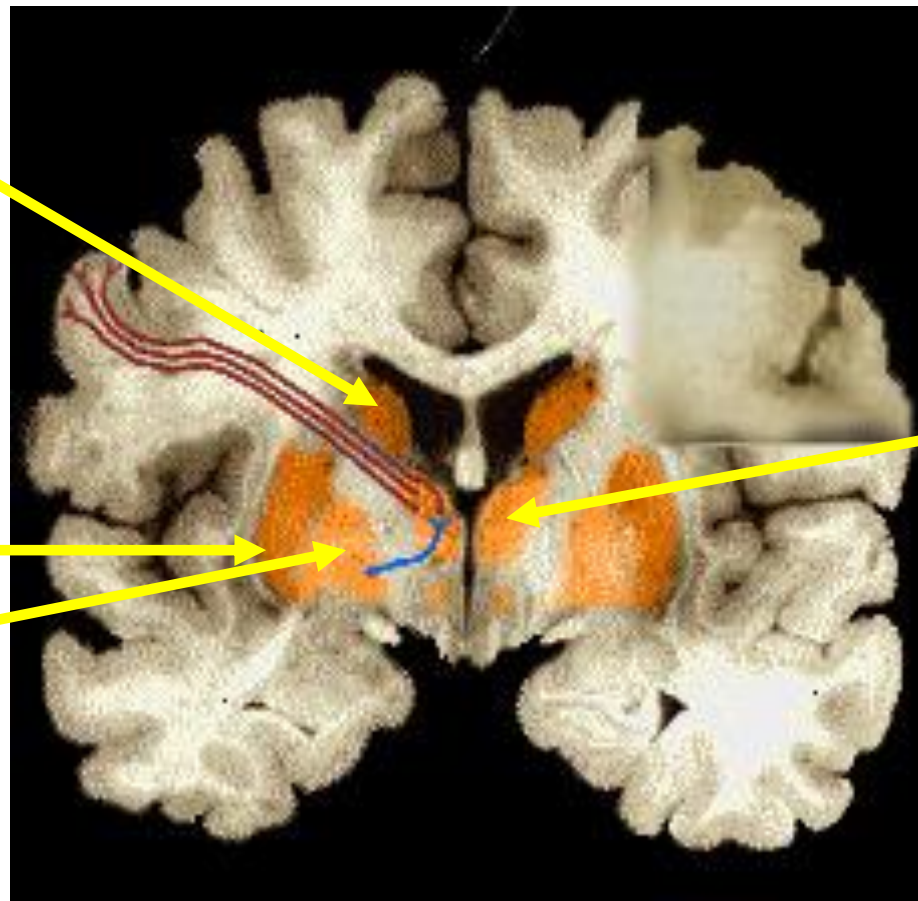
מהתלמוס נשלחים אקסונים רבים שמובילים מידע אל הקורטקס



Caudate nucleus

Putamen

Globus palidus

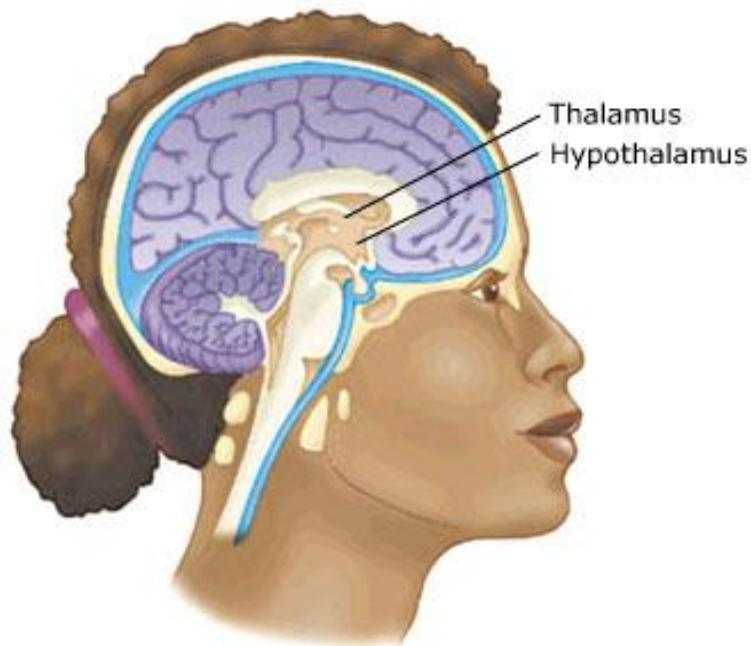


Thalamus

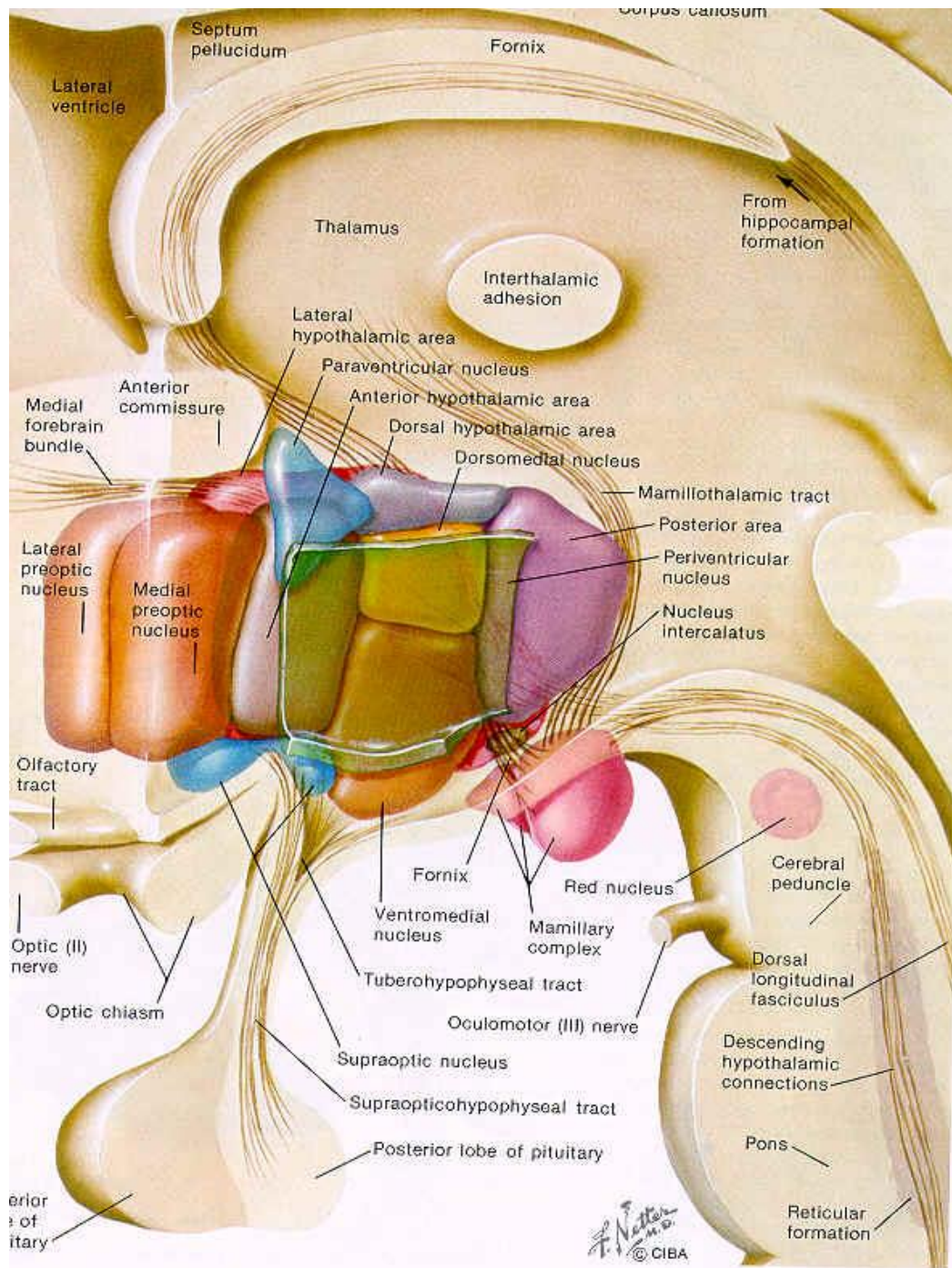
רב המידע מהתלמוס לקורטקס הוא סנסורי . אבל גם מידע מאזורים תת קורטיקלים מוטוריים (למשל, מהגרעינים הבזליים) עובר קודם כל אל התלמוס ומשם נשלח אל הקורטקס.

כמו כן ישנם אזורים בתלמוס שמקבלים מאזורים תת קורטיקלים אינפורמציה שאיננה קשורה למידע ספציפי סנסורי או מוטורי כלשהוא. לאזורים אלה תפקיד חשוב בקביעת רמת העוררות והקשב.

בעוד שהמערכת המוטורית והשרירים, בהכוונה של החושים, התפיסה והתכנון, מהווים אמצעי להתמודדות עם הסביבה החיצונית, ההיפותלמוס, שמקבל אינפורמציה גם מהאברים הפנימיים של הגוף וגם מהמערכת הלימבית, מווסת ומארגן את ההתמודדות עם שינויים בסביבה הפנימית.



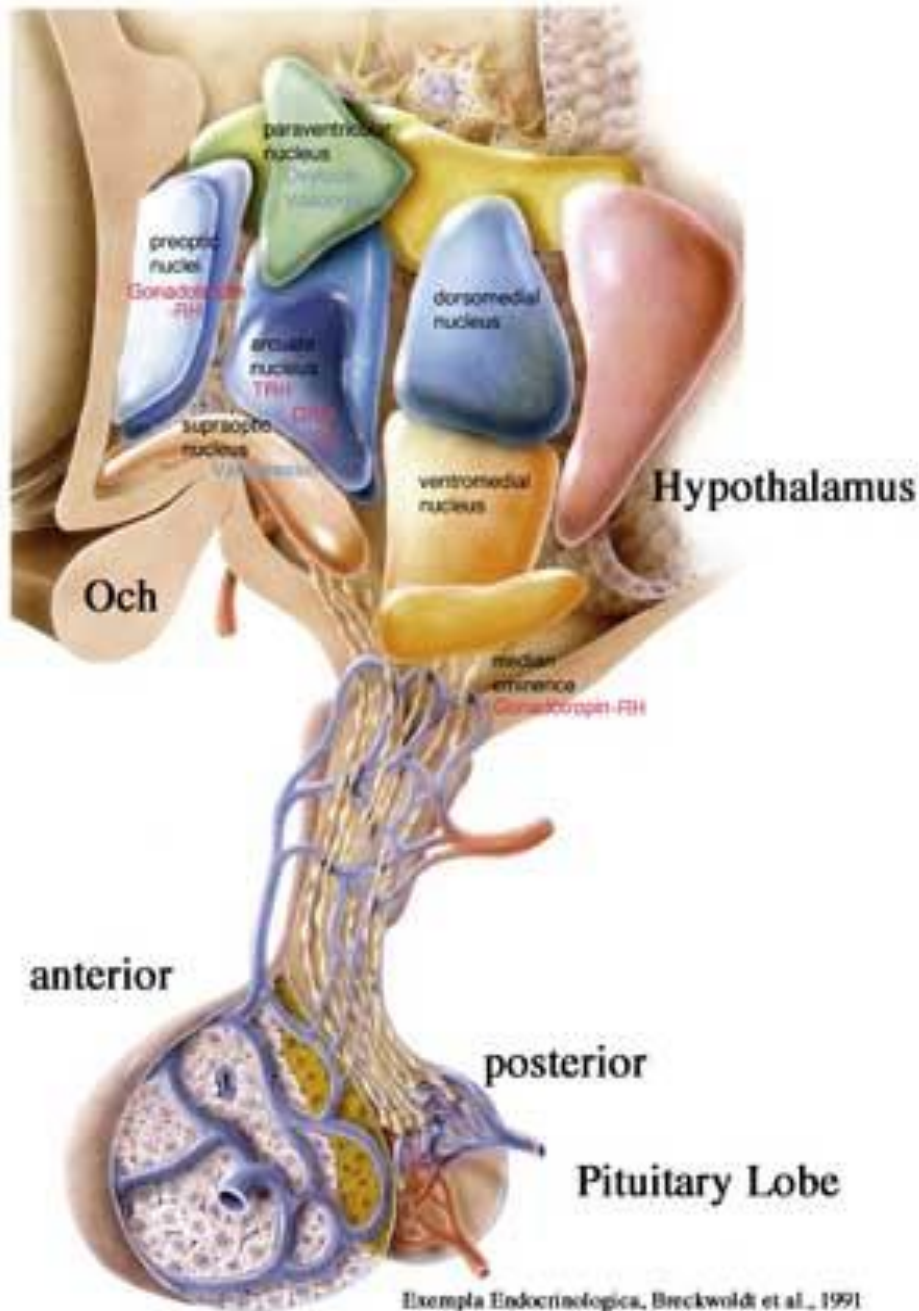
ההיפותלמוס נמצא מתחת לתלמוס (מכאן שמו), כלומר, בחלק התחתון של ה-forebrain ורצפת החדר השלישי.



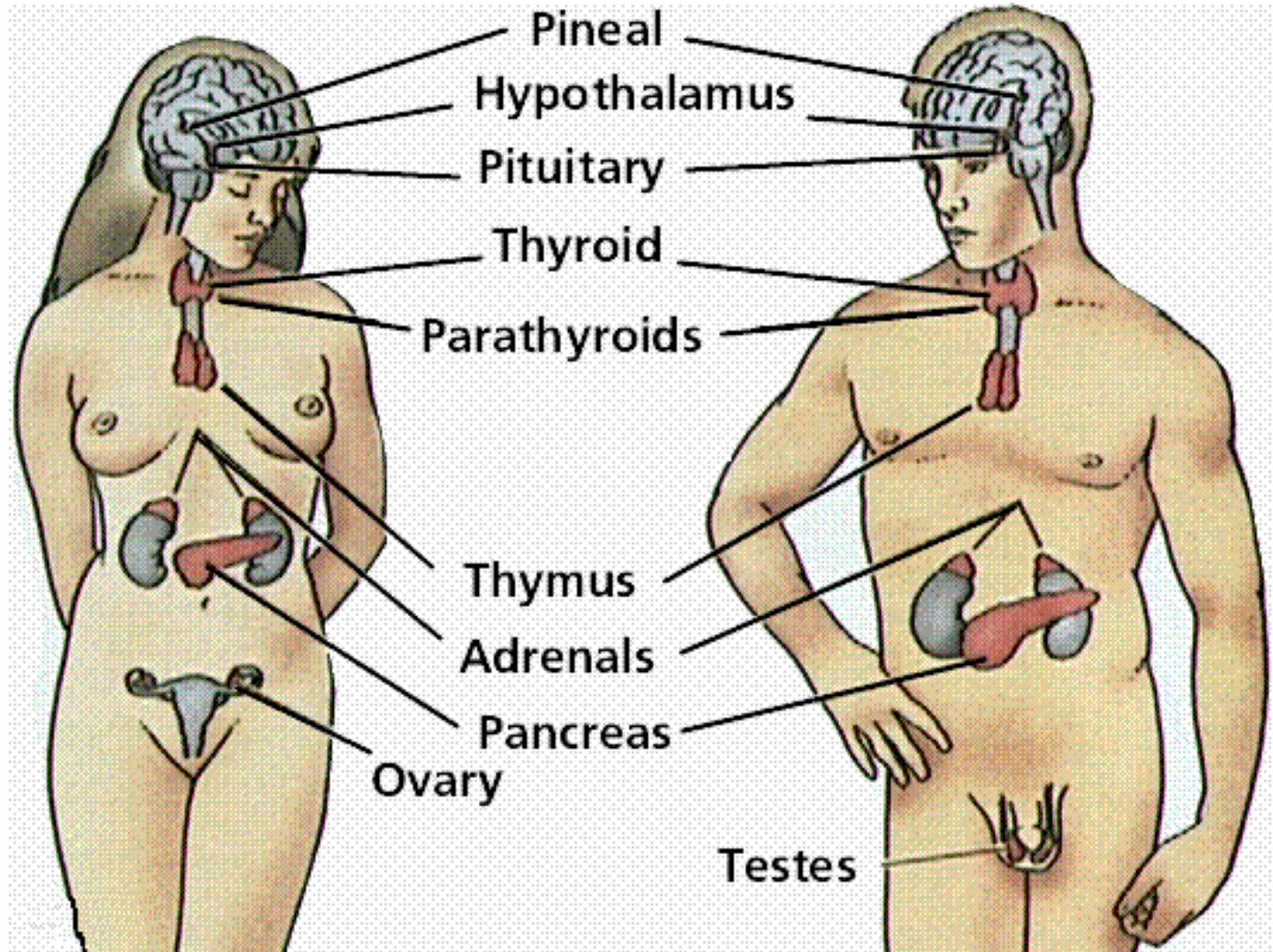
כמו התלמוס, גם ההיפותלמוס
 מורכב ממספר גדול של
 גרעינים (צברים של גופי
 נוירונים), ששולטים על
 אספקטים התנהגותיים
 ופיזיולוגיים שונים.
 באופן כללי, ההיפותלמוס
 שולט על התנהגויות
 שהכרחיות לקיום הבסיסי של
 האורגניזם כמו אכילה,
 שתיה, ויסות טמפרטורה,
 ויסות הרכב נוזלי הגוף, וכן
 על התנהגות שהכרחית לקיום
 המין הביולוגי כולו, כלומר,
 התנהגות רבייה/התנהגות
 מינית.

דרך אחת להשפעה של ההיפולמוס על תהליכים פיזיולוגיים ותהליכים שקשורים לרבייה היא על ידי שליטה ובקרה של כל מערכות ההורמונים בגוף. אל הקצה התחתון של ההיפולמוס מחוברת בלוטת יותרת המוח, שנקראת Pituitary או היפופיזה.

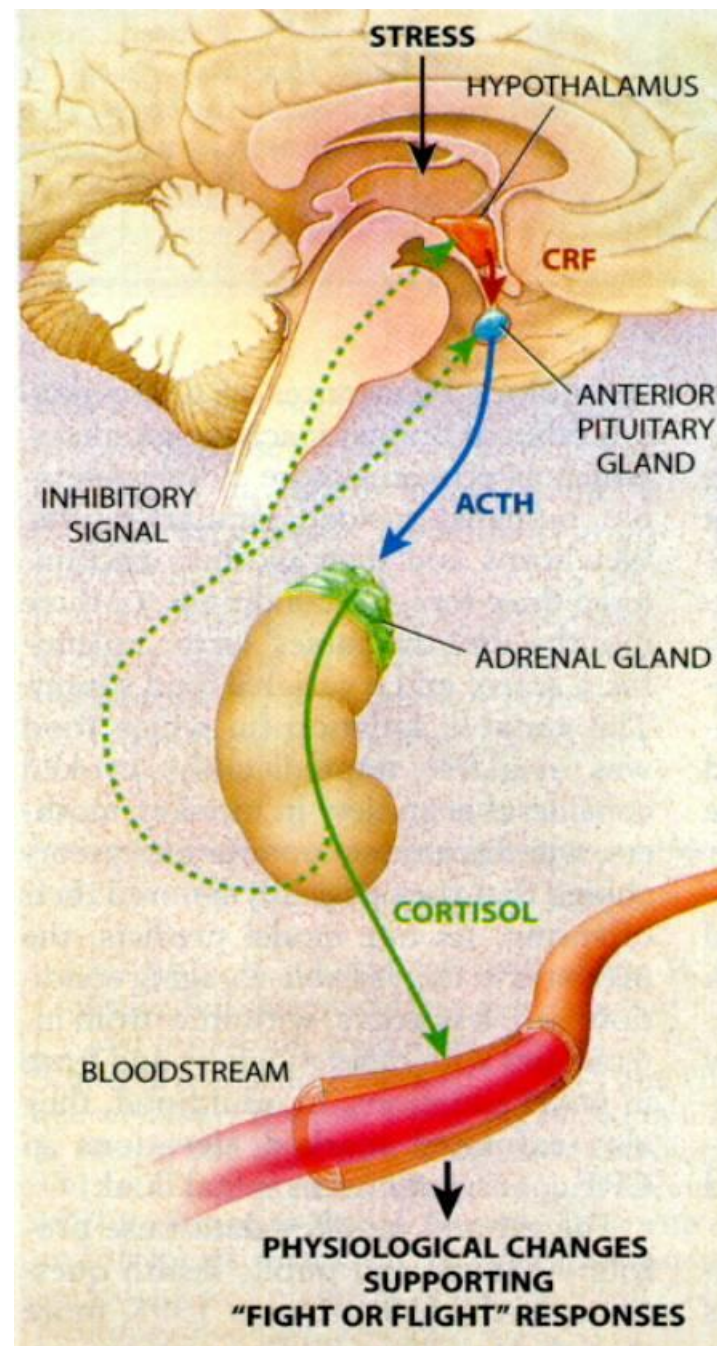
זוהי "בלוטת על" שמפקחת על הפעילות של כל הבלוטות האנדוקריניות (הורמונליות) בגוף. תאים בהיפולמוס שולחים אקסונים אל אזור החיבור בין ההיפולמוס להיפופיזה. באזור זה יש מערכת כלי דם קטנים שמחברים בין ההיפולמוס להיפופיזה. מהאקסונים של תאי ההיפולמוס משתחררים לתוך כלי דם אלה חמרים שנקראים בשם כללי **Releasing hormones**. חמרים אלה מגיעים לחלק הקידמי של ההיפופיזה וגורמים לתאים באזור זה לשחרר הורמונים אחרים לתוך מחזור הדם.

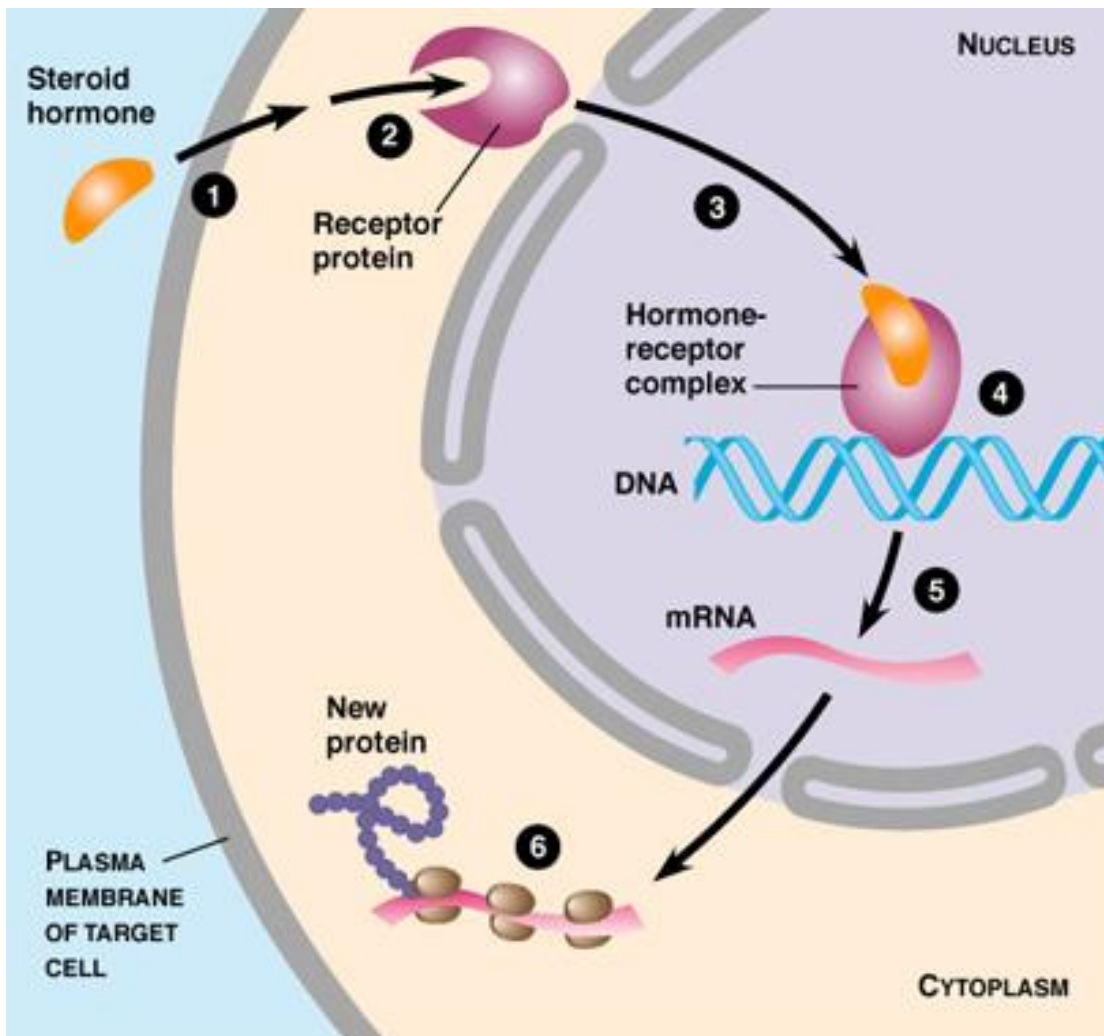


ההורמונים שמופרשים מההיפופיזה מגיעים דרך זרם הדם לבלוטות אנדוקריניות בגוף, למשל האדרנל (בלוטת יותרת הכליה), הלבלב, האשכים והשחלות, וגורמים לבלוטות אלה לשחרר הורמונים נוספים שפועלים על אברי מטרה.



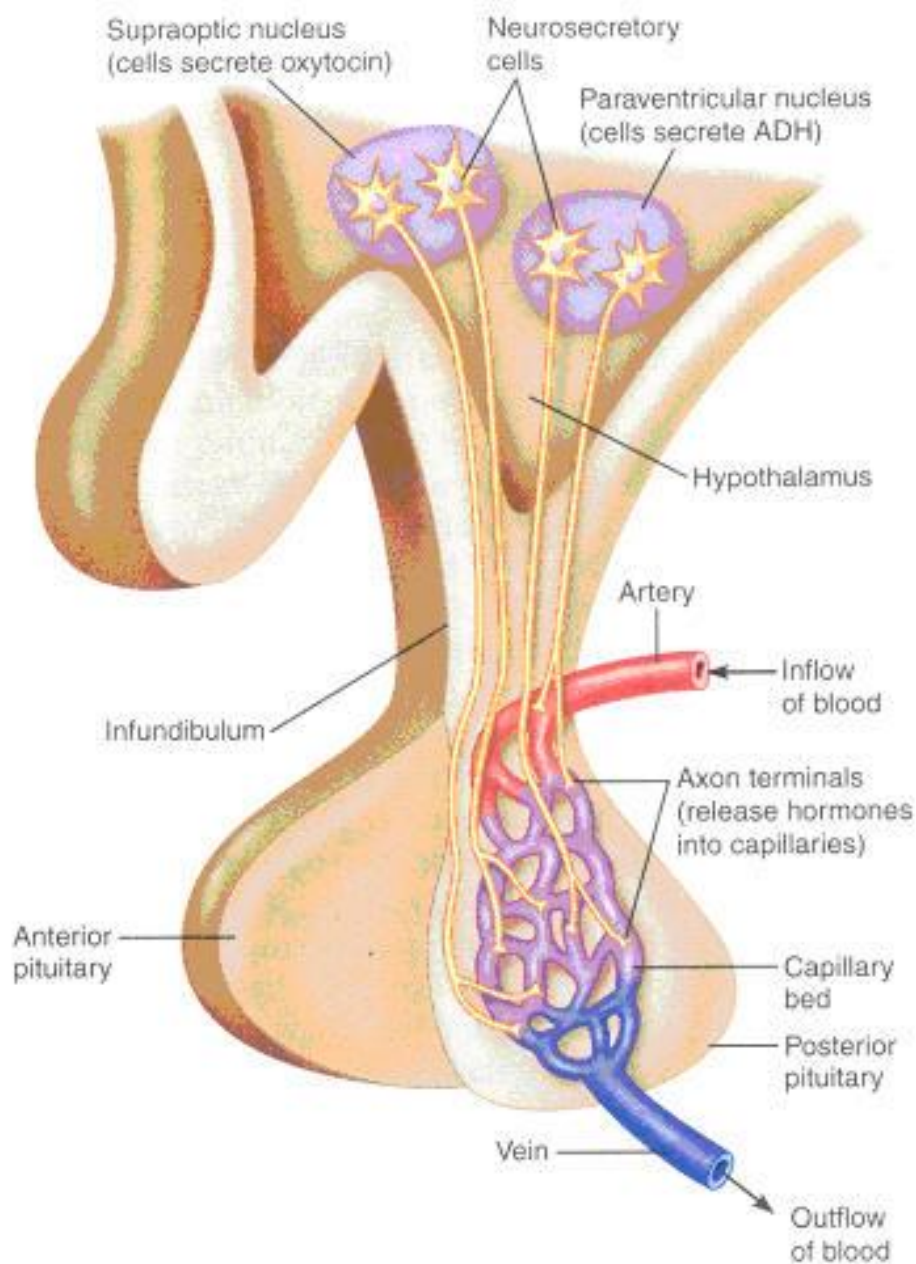
דוגמא לשרשרת התהליכים שמובילה
להפרשה הורמונלית: בזמן חשיפה למצבי
לחץ, ההיפותלמוס משחרר הורמון שנקרא
Corticotrophin Releasing Hormone
(CRH), שמביא לשחרור של
Adrenocorticotrophic Hormone
(ACTH) מההיפופיזה, שגורם לשחרור
קורטיזול מהאדרנל. הקורטיזול משפיע על
מערכות רבות בגוף ומכין אותן למצב סכנה
וחרום. למשל, הוא משנה תהליכים
מטבוליים ומעלה את רמות האנרגיה
הזמינות (עלית ריכוז הסוכר בדם), כך
שיוכלו להגיע אל השרירים והמח ולאפשר
פעילות יעילה ומאומצת. קורטיזול גם
מפחית פעילויות שאינן נחוצות באופן
מיידי כמו גדילה, סינטזת חלבונים ופעילות
חיסונית.



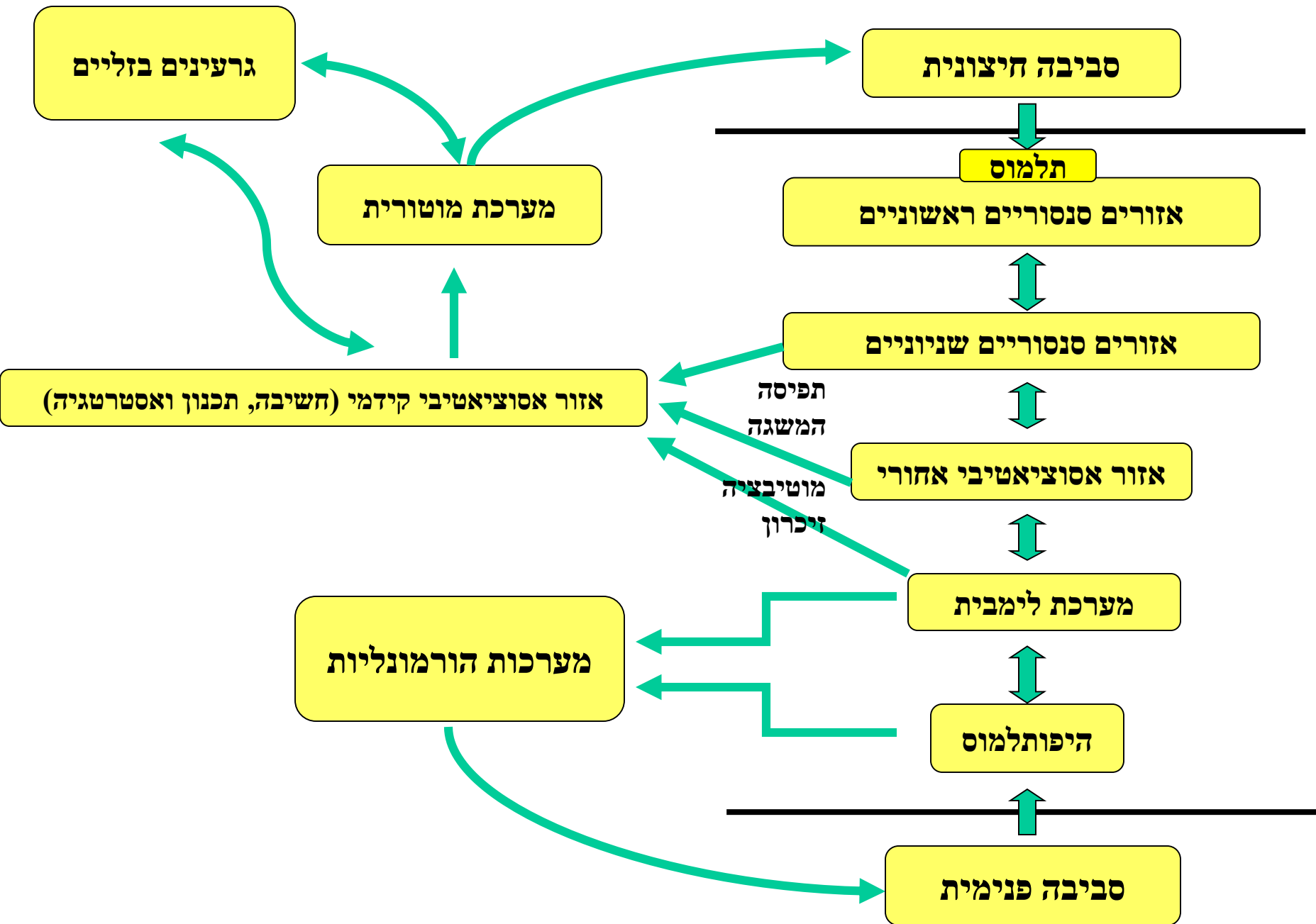


תהליך השחרור של ההורמונים הוא על ידי אקסוציטוזה של וסיקולות, בדומה לתהליך השחרור של נוירטרנסמיטורים. גם להורמונים יש רצפטורים על תאי מטרה שמתווכים את פעולתם. לגבי חלק מההורמונים (שמבחינה כימית הם סטרואידים, כך שהם מסיסים בשומן) הרצפטורים נמצאים בתוך התא ולא על גבי הממברנה כיון שהם יכולים לחדור בקלות דרך הממברנה של תאים.

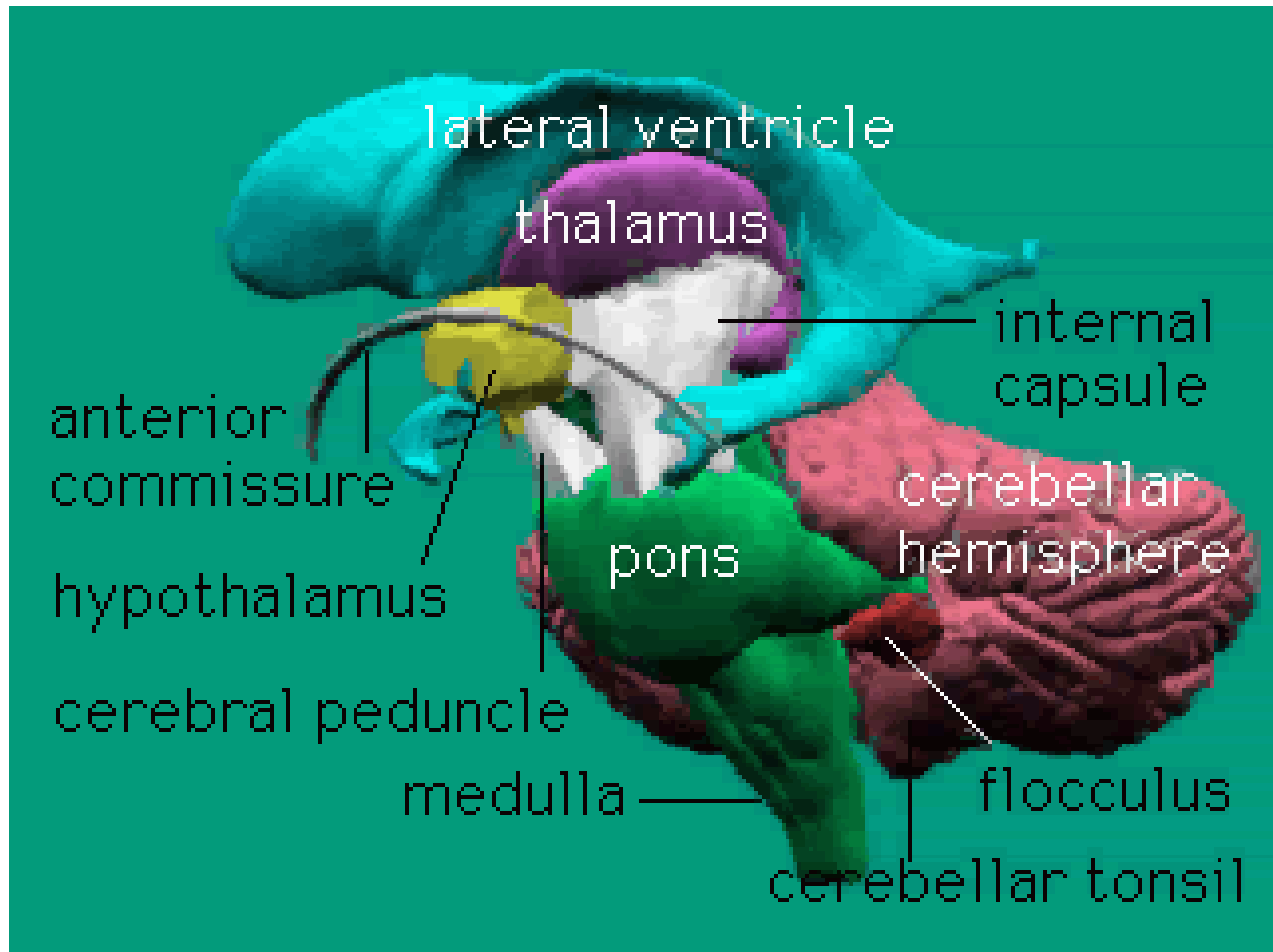
הולכת הסיגנל (signal transduction) להורמונים יכולה להתרחש באמצעות הפעלת מערכות מעבירים שניוניים או באמצעות מעבר של ההורמון עם הרצפטור שלו לגרעין והשפעה על תהליכי השעתוק של גנים.



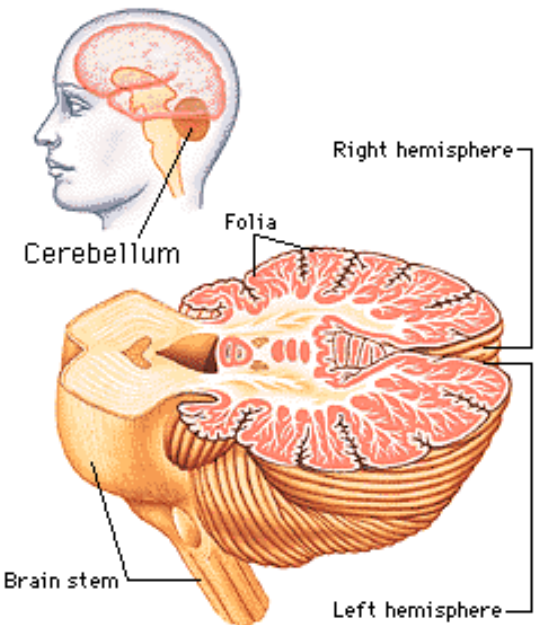
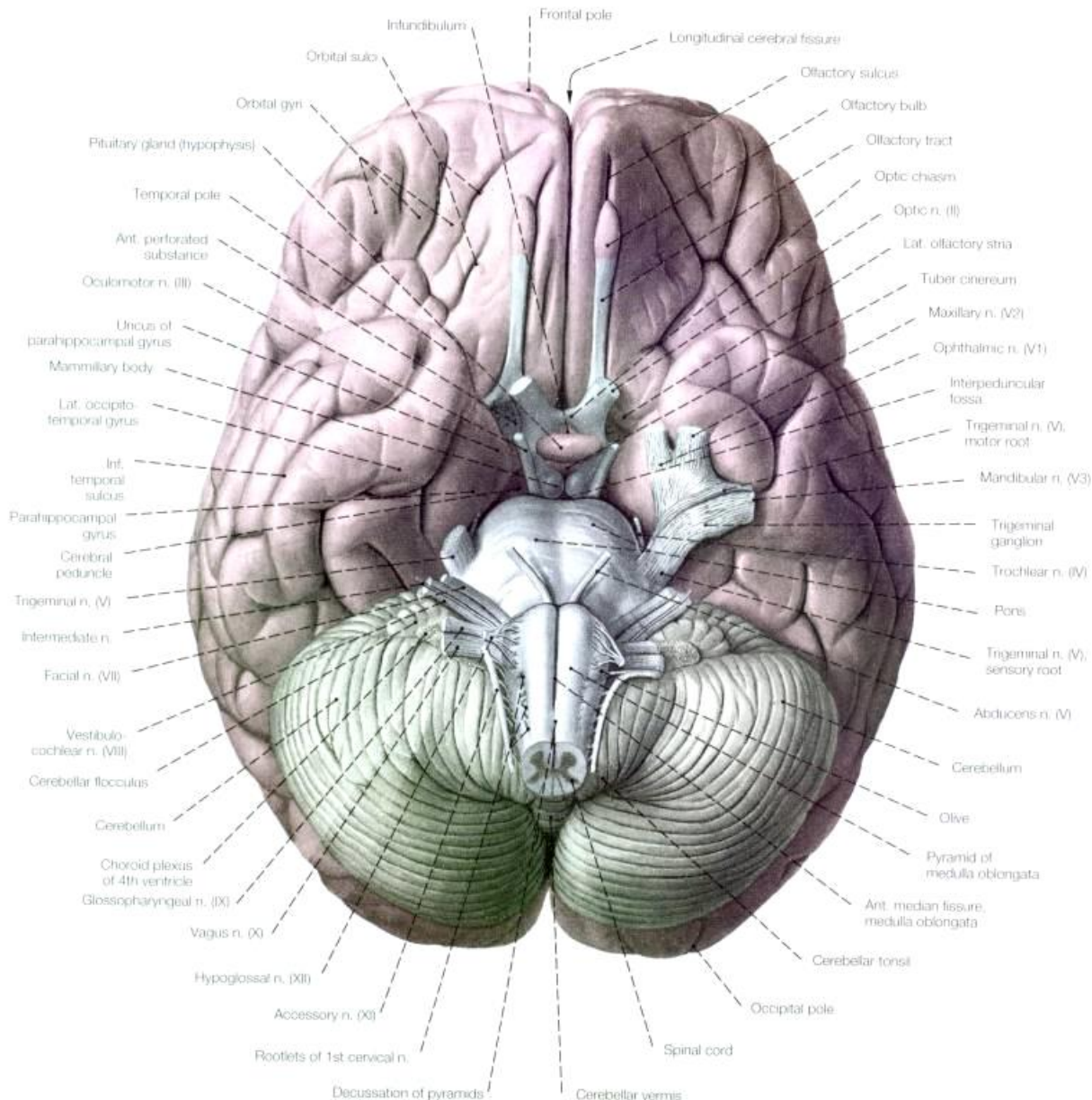
במסלול אנטומי נוסף לשליטה על מערכות הורמונליות, נוירונים באזורים מוגדרים של ההיפותלמוס שולחים אקסונים ישירות להיפופיזה ומשם משחררים הורמון (דרך הטרמינלים של האקסונים שלהם) ישירות לזרם הדם הכללי. מסלול זה אחראי להפרשה של שני הורמונים. הראשון הוא וזופרסין, שמווסת את הפרשת הנוזלים מהגוף, כלומר את כמות הנוזל שמופרש בשתן ואת לחץ הדם (מכאן שמו – ואזו=כלי דם, פרסין=מכווץ). ההורמון השני הוא אוקסיטוצין, שגורם להתכווצות הרחם בזמן הלידה ולשחרור החלב בזמן ההנקה. הורמון זה מעורב בהתנהגות חברתית והתקשרות (attachment) בין אנשים, למשל, התנהגות אימהית וההתקשרות ההדדית בין הורים ותינוק/תם, יצירת קשר רומנטי (כולל אהבה?), התנהגות מינית, מתן אמון בין אנשים וכו'.



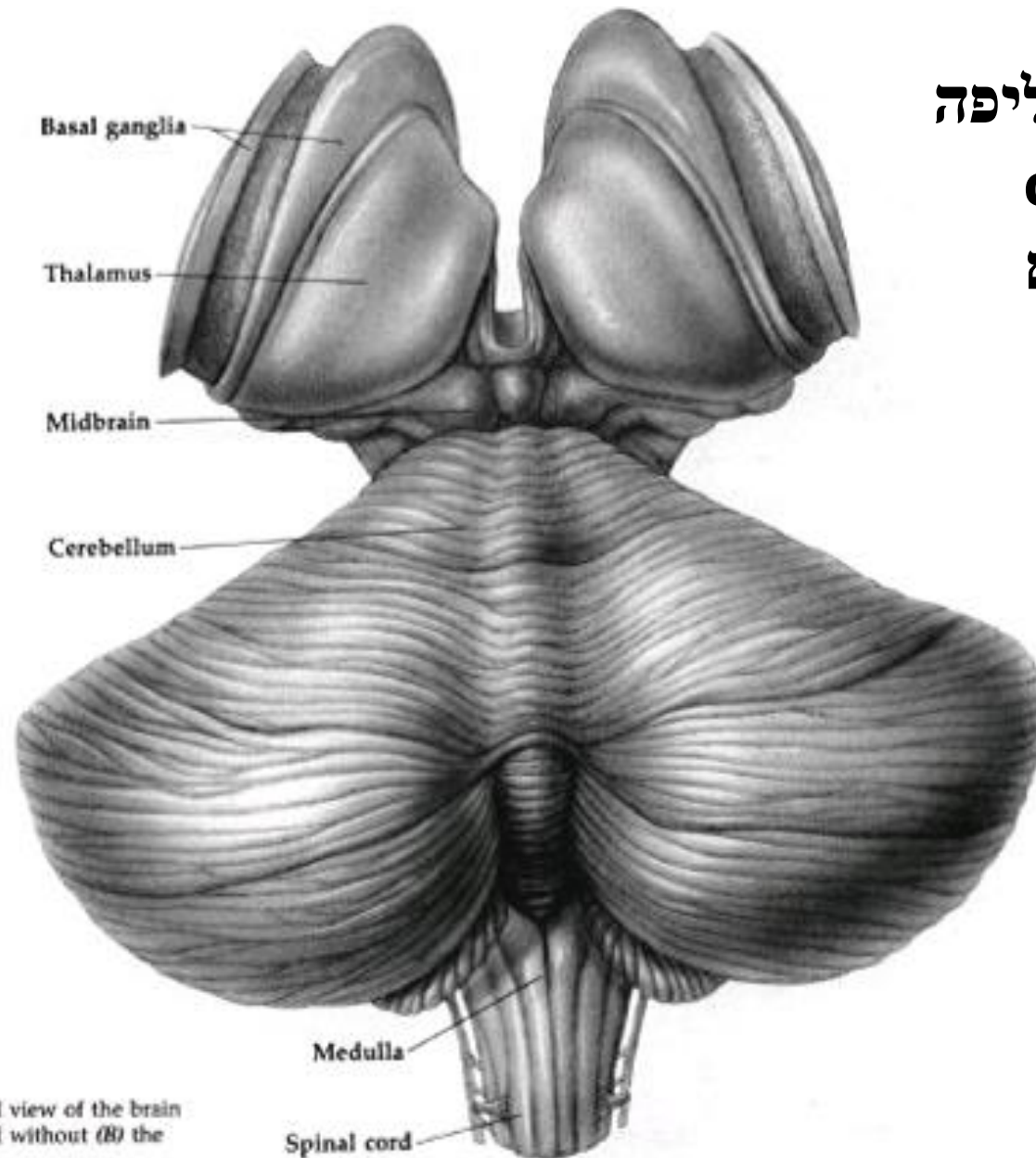
גזע המוח והצרבלום: חלוקה לאזורים



המבנה הגדול ביותר ב-hindbrain הוא הצרבלום (Cerebellum) שנקרא גם המוחון.



מבט דורסלי על הצרבלום



גם לצרבלום זה יש קליפה
שנקראת cerebellar
cortex שבה מרוכזים
מרבית גופי התאים
בצרבלום.

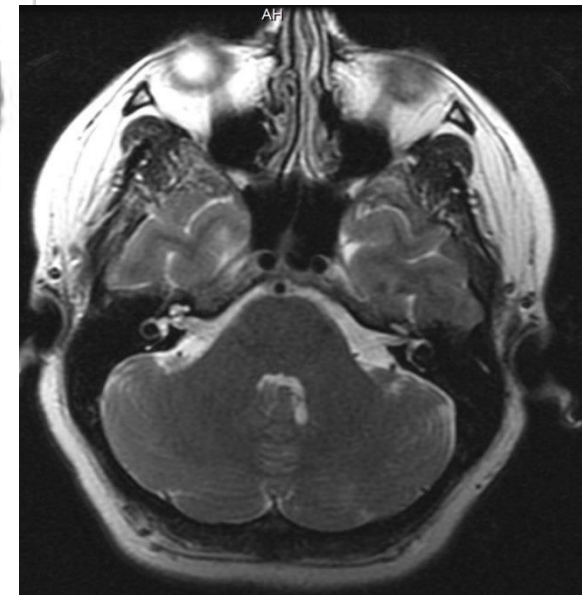
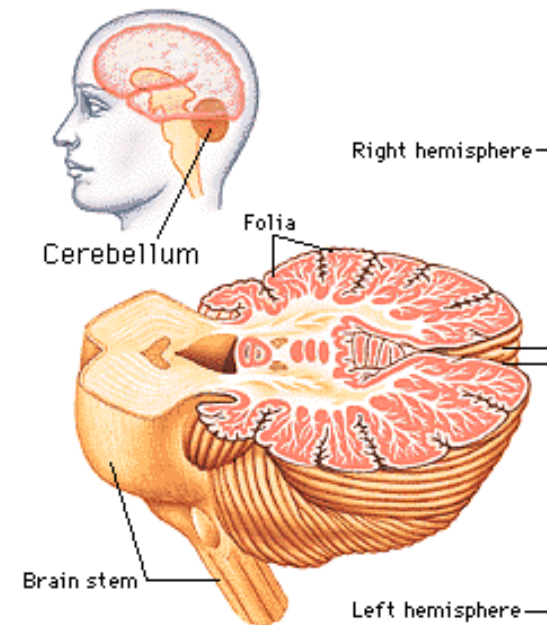
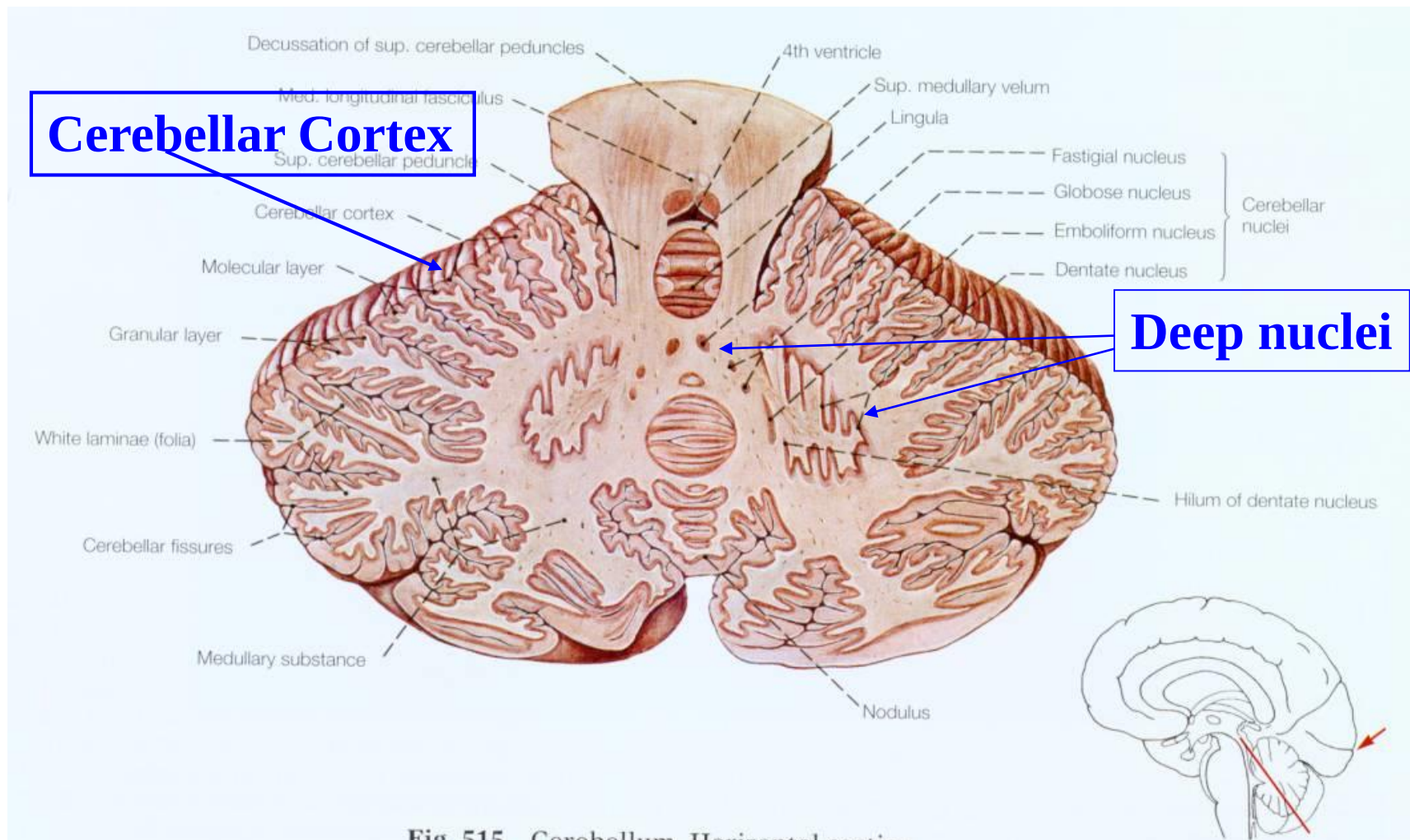


Figure 1.6 Dorsal view of the brain stem with (A) and without (B) the cerebellum.

תמונת MRI של
החלק התחתון של
המח מדגימה את
הגודל של
הצרבלום (כ 10%
מהמח)

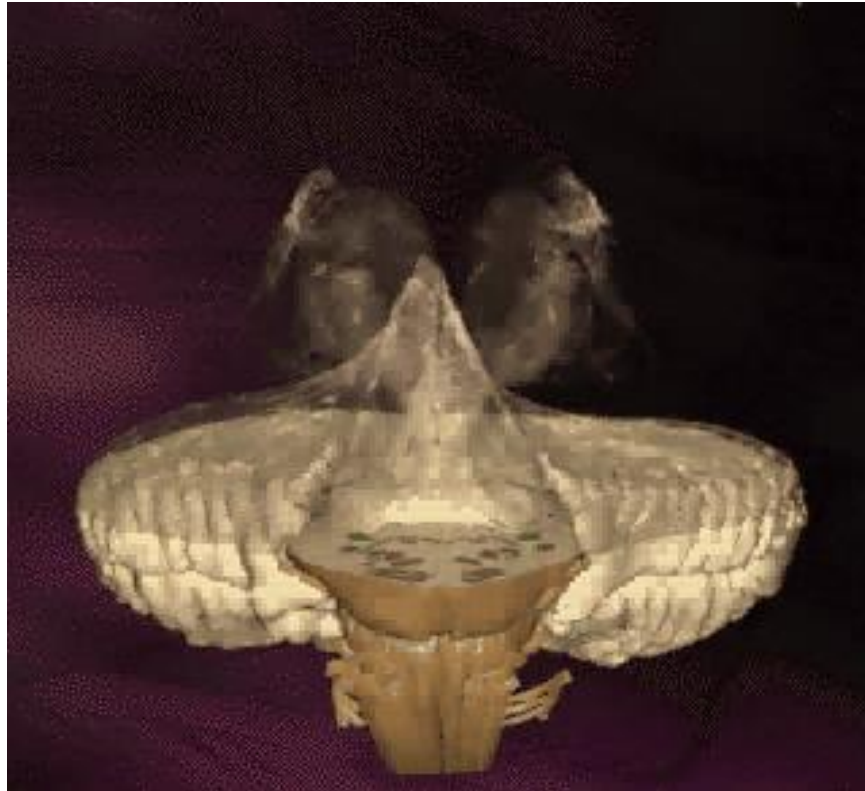




מתחת לקליפת הצרבלום יש אקסונים (חמר לבן) שעולים ויורדים מהקליפה, ובניהם נמצאים מספר צברי נוירונים שנקראים ביחד הגרעינים העמוקים (deep nuclei) של הצרבלום.

Cerebellum צרבלום

מבט מלפנים

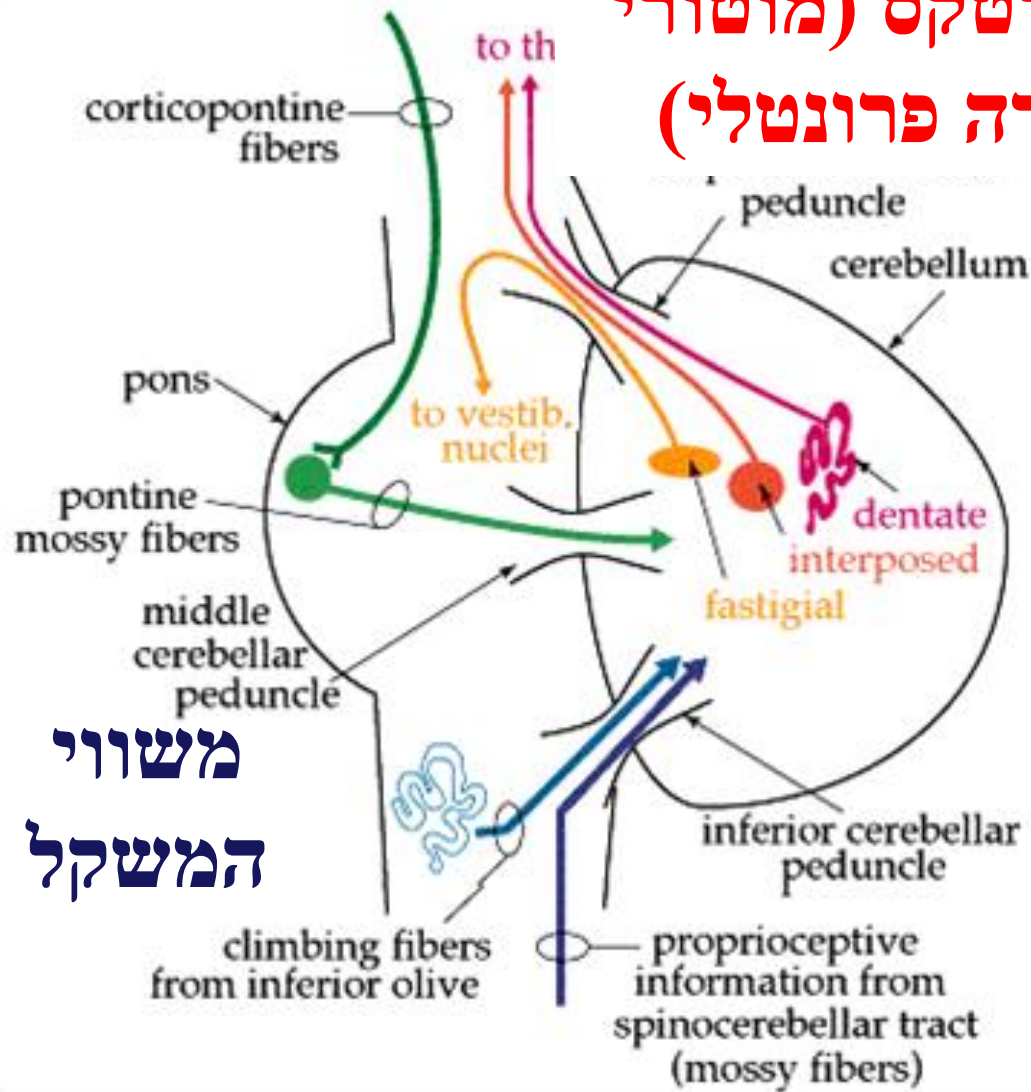


מבט מאחור



מהצרבולום

לקורטקס (מוטורי ופרה פרונטלי)

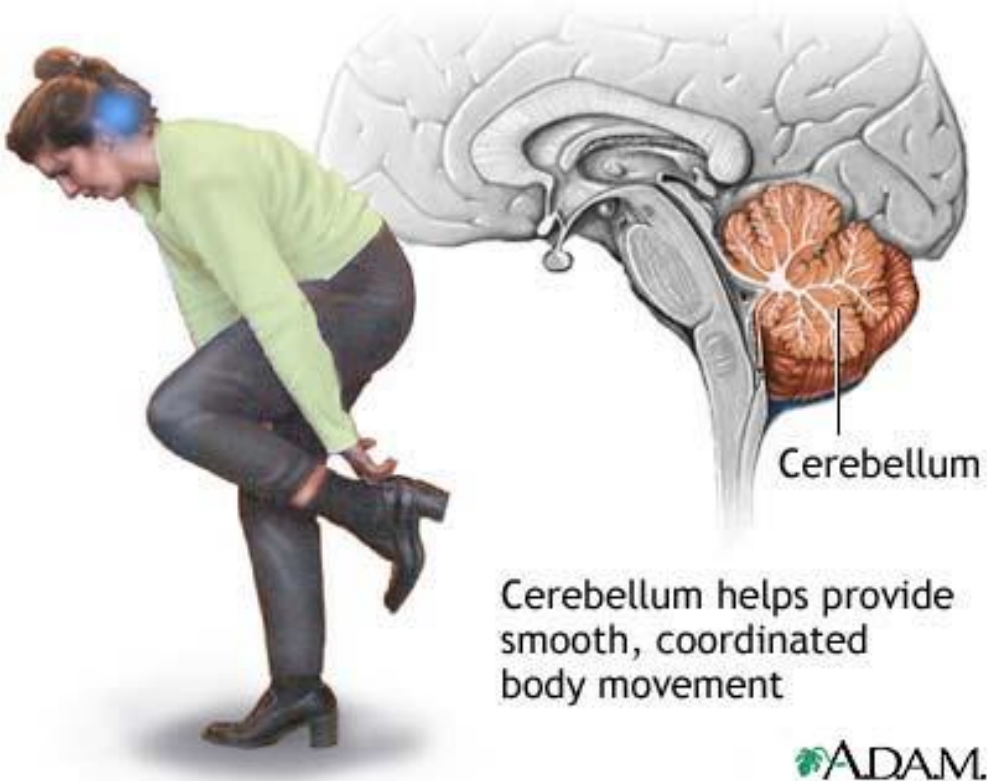


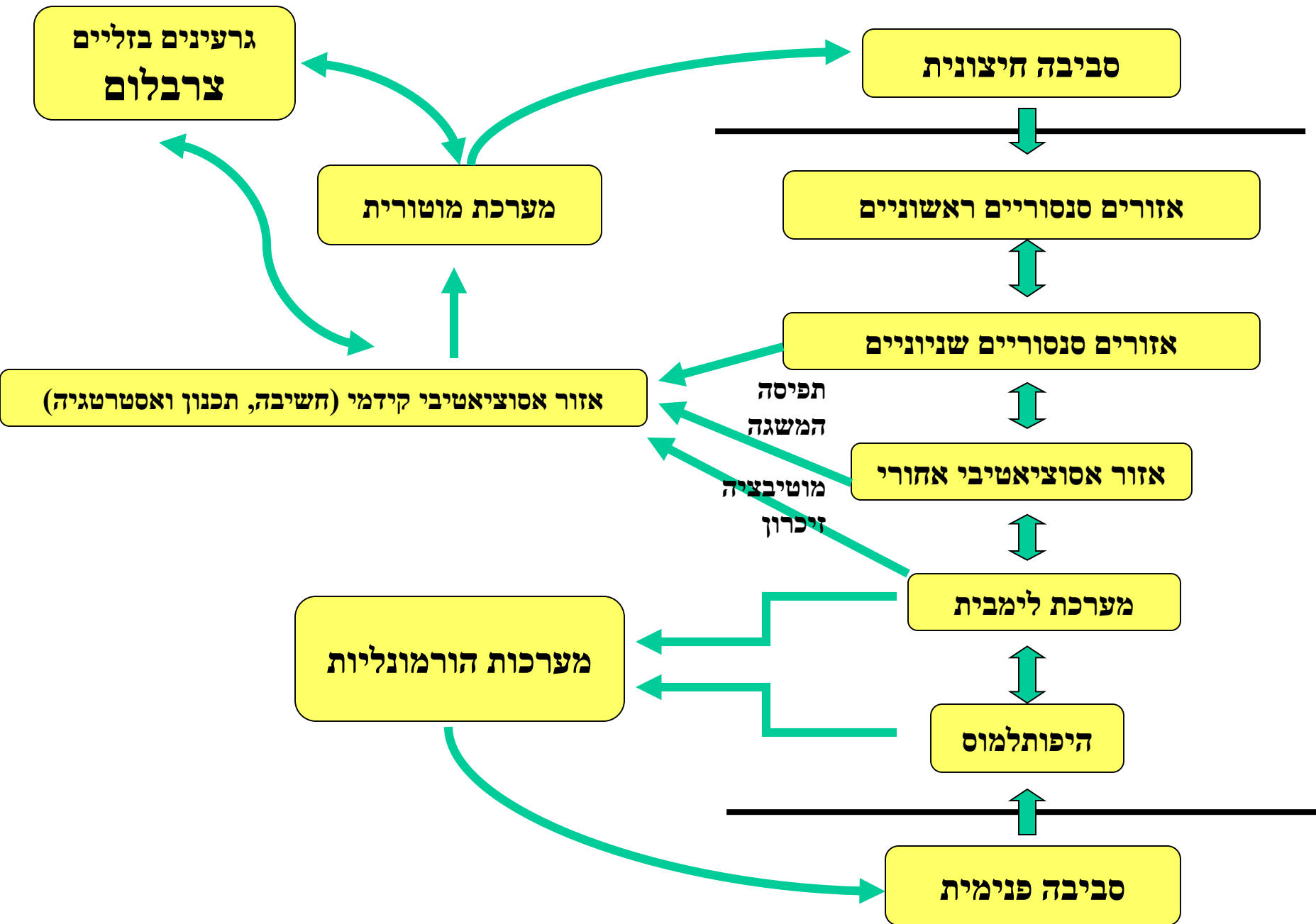
משווי
המשקל

מחוט השדרה

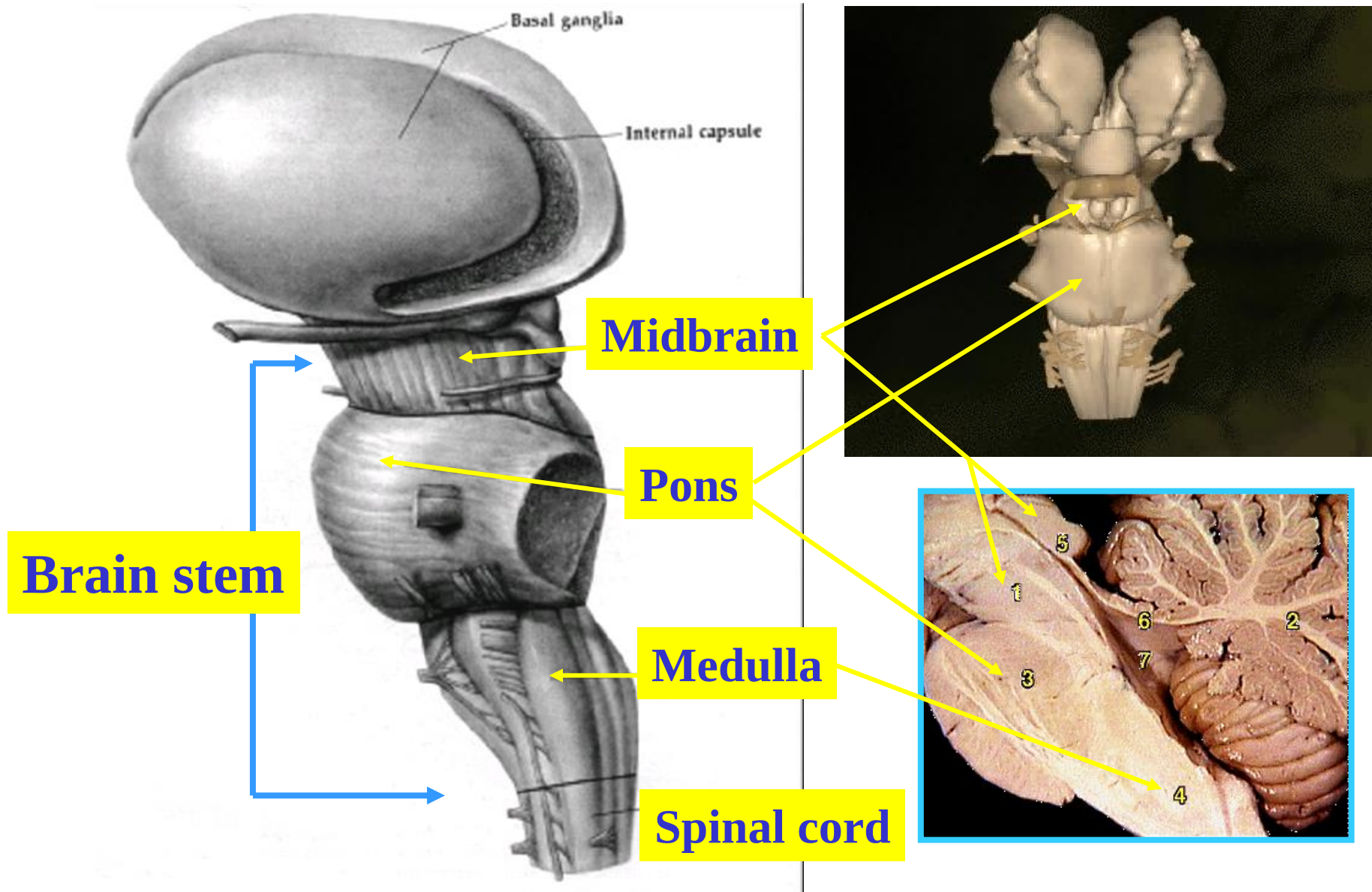
הצרבולום מקבל
אינפורמציה מכל שרירי
הגוף, מאזורי קליפת המוח
הקשורים בתפקוד מוטורי
ומחושים נוספים, כמו
ראיה, שמיעה, מגע
ובעיקר מחוש שווי
המשקל. הצרבולום שולח
אינפורמציה לאזורים
שונים במוח שקשורים
בתפקוד מוטורי וכן
לאזור הפרה-פרונטלי
שקשור בתכנון התנהגותי
ואסטרטגיה.

אחד התפקידים העיקריים של הצרבלום הוא בקואורדינציה והחלקה של תנועות מוטוריות, וכן בלמידה של תנועות מוטוריות. הרס של הצרבלים יגרום לתנועות קופצניות, מסורבלות ולא מדויקות ולחוסר יכולת לעשות תנועות מורכבות במהירות, באופן מיומן ואוטומטי. לדוגמא, פסנתרנים ונגנים אחרים משתמשים הרבה בצרבלום, המאפשר להם לא לחשוב באופן מודע על תנועת האצבעות. אכן אצל נגנים רואים הגדלה יחסית של אזורים מסוימים של הצרבלום.





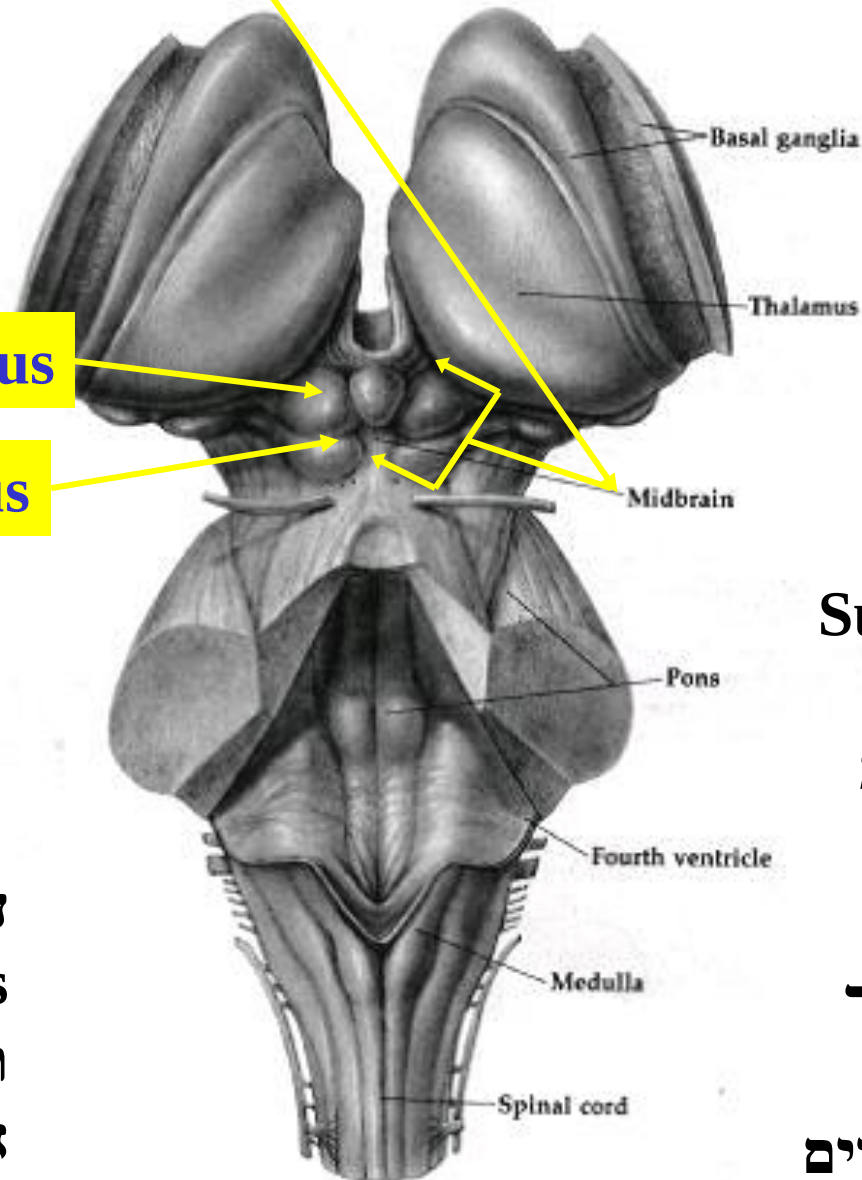
גזע המוח (Brain stem)



Midbrain (tectum)

Superior colliculus

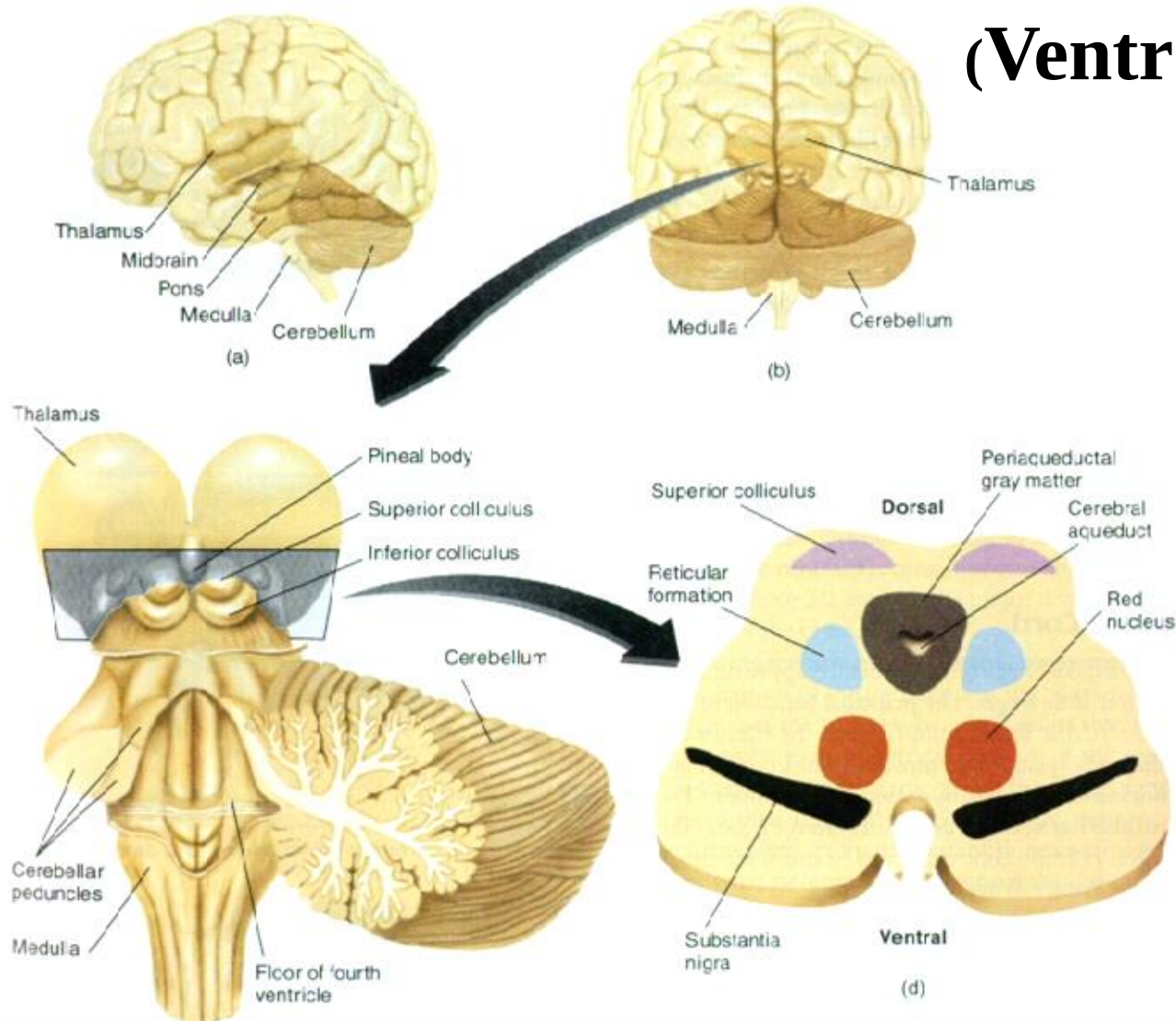
Inferior colliculus



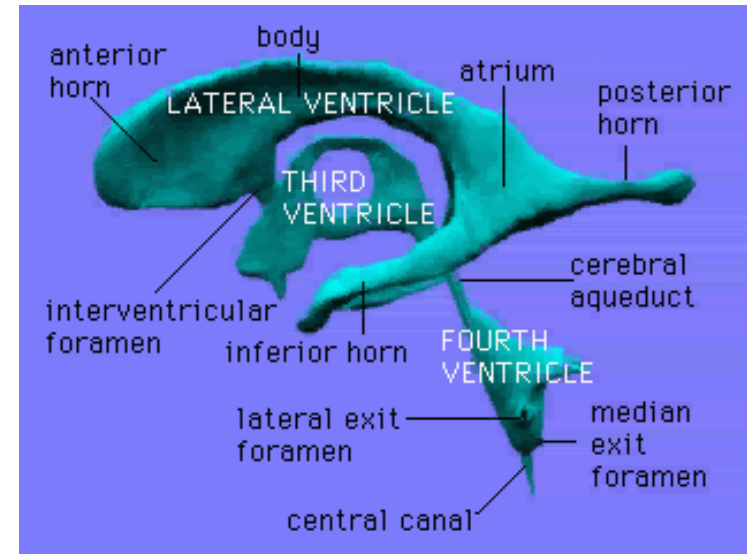
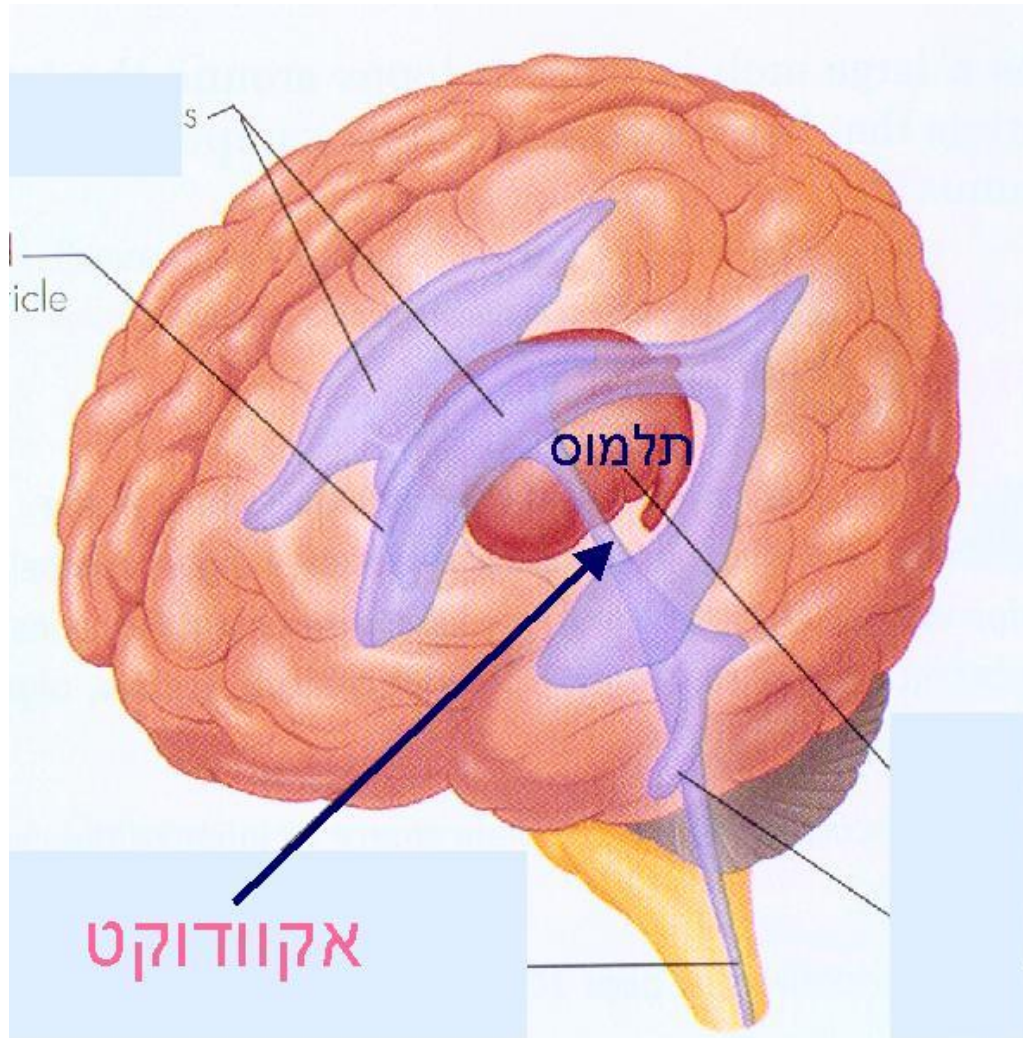
ה- Inferior colliculus מהווה תחנת ביניים בעיבוד אינפורמציה שמיעתית.

החלק הדורסלי של ה midbrain נקרא הטקטום. המבנים העיקריים באזור זה הם ה- Superior and inferior colliculus. שנראים כמו שני זוגות של גבנונים על גבי ה- midbrain. ה- Superior colliculus מקבל אינפורמציה ראייתית מהעין ומעורב בעיקר ברפלקסים של ראייה, תזוזות עיניים, וקליטה של תנועה. אזור זה אחראי למשל על הפניה מהירה של העיניים והגוף לעבר עצמים נעים.

החלק התחתון (הונטרלי) של ה-midbrain נקרא ה טגמנטום (Tegmentum).
המבנים העיקריים באזור זה הם ה-periaqueductal gray matter או בקיצור
Substantia Nigra, PAG (Ventral tegmentum) והאזור הונטרלי של הטגמנטום



ה PAG הוא האזור במידברייך שמקיף את האקוודוקט (aqueduct),
שהיא תעלה צרה שמחברת בין החדר השלישי לחדר הרביעי.

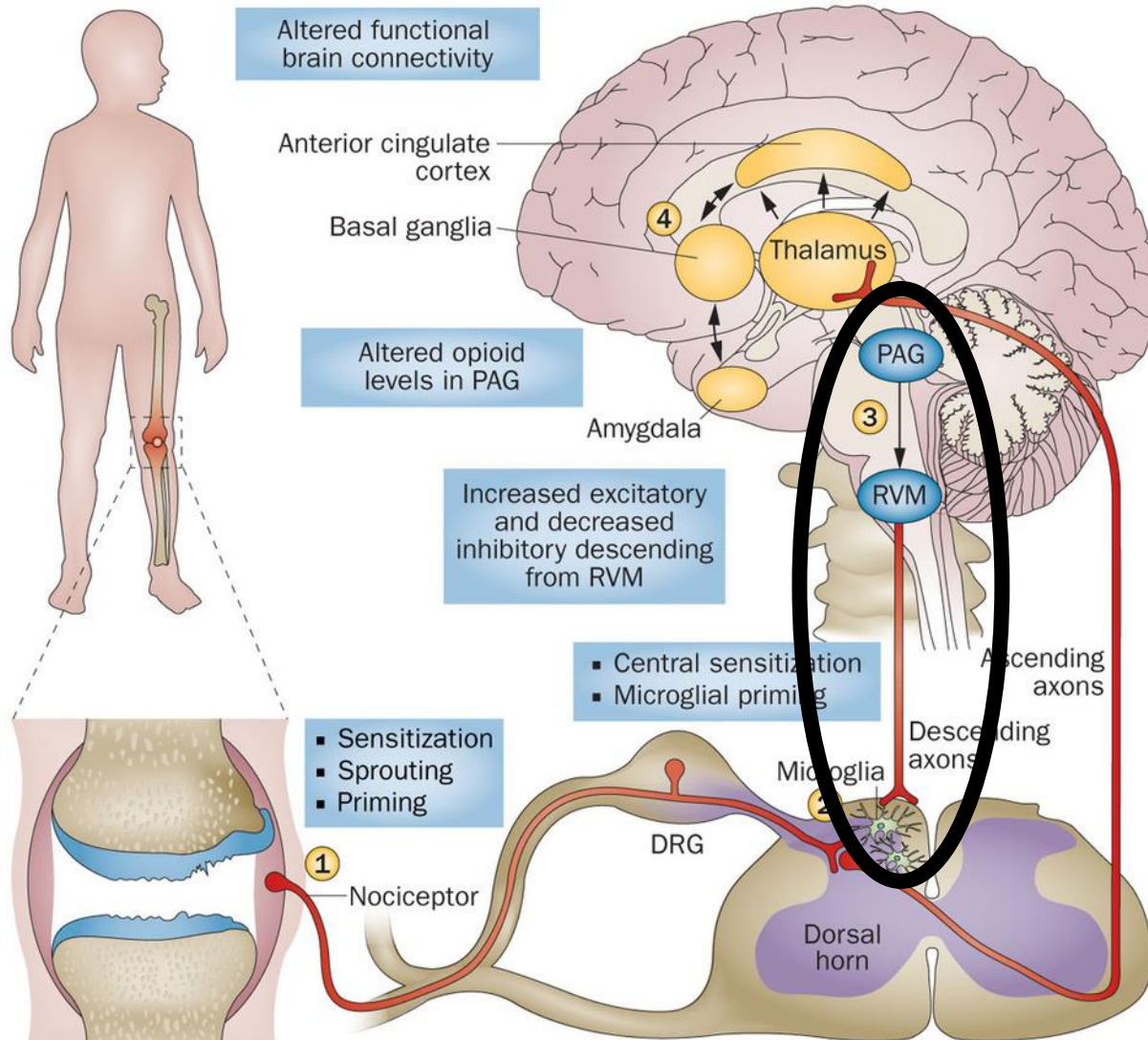


**תאים באזור ה PAG מהווים חלק חשוב של המערכת הפנימית (אנדוגנית) לשיכור
כאב, שקיימת במינים רבים של חיות (כולל כל היונקים). פעילות מערכת זאת
מתוארת בספור החוויה המיוחדת של חוקר הארצות הנודע דויד ליוינגסטון:**

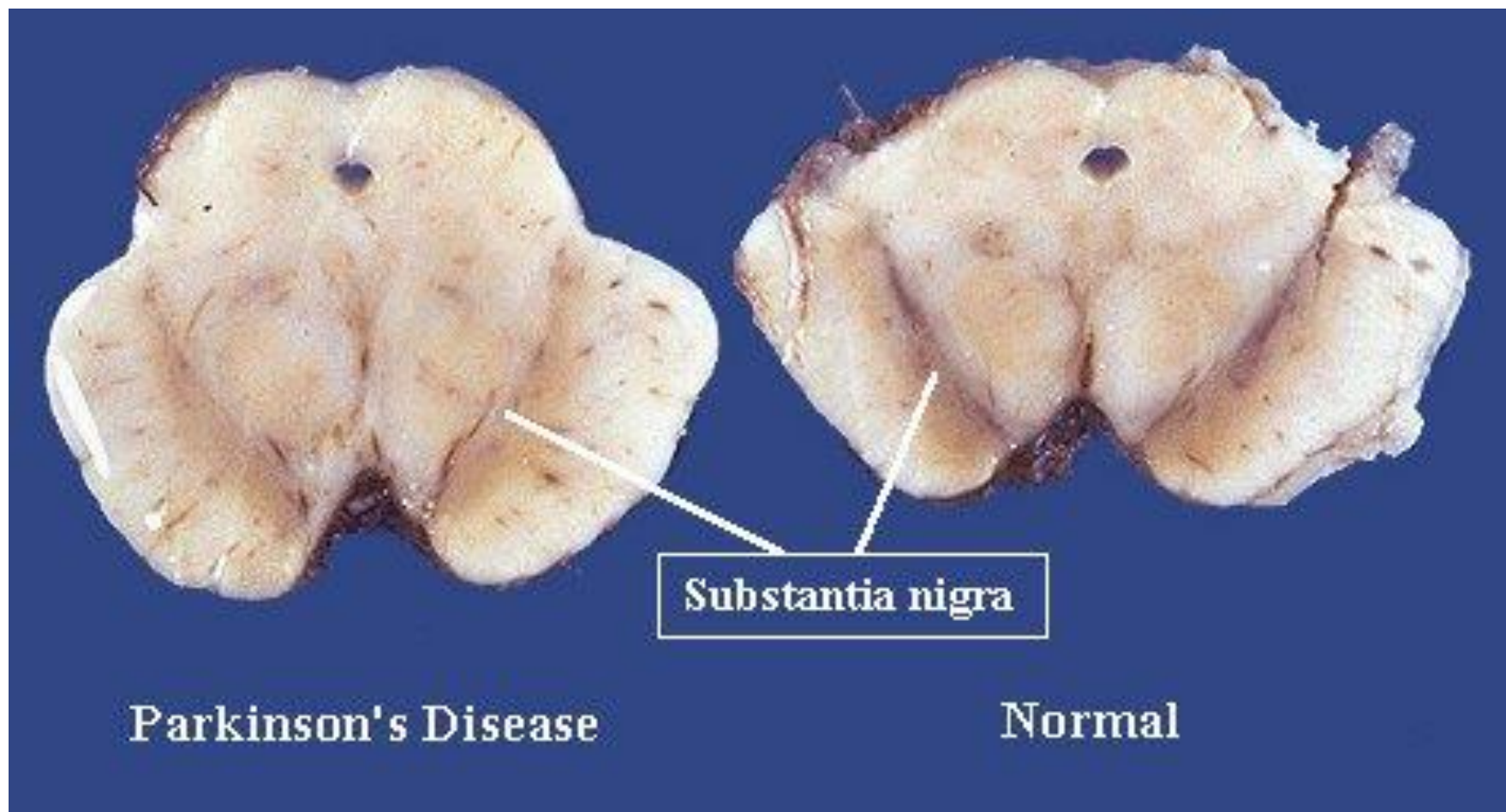
I saw the lion just in the act of springing upon me. He caught my shoulder as he sprang and we both came to the ground below together. He shook me as a terrier does a rat. The shock produced a stupor similar to that which seems to be felt by a mouse after the first shake by a cat. It caused a sort of dreaminess in which there was no sense of pain or feeling of terror, though quite conscious of all that was happening. The peculiar state is probably produced in all animals killed by carnivora; and if so, is a merciful provision by our benevolent Creator for lessening the pain of death.” (David Livingston, 1872)



תאים באזור ה PAG מעורבים בשיכוך כאב. תאים אלה מפעילים מסלולים שיורדים לחוט השדרה ועושים שם סינפסה על התאים שרגישים לכאב. גרוי של מסלול זה יגרום לאילחוש (אנלגזיה), בעיקר בגלל שחרור של אופייטים פנימיים.

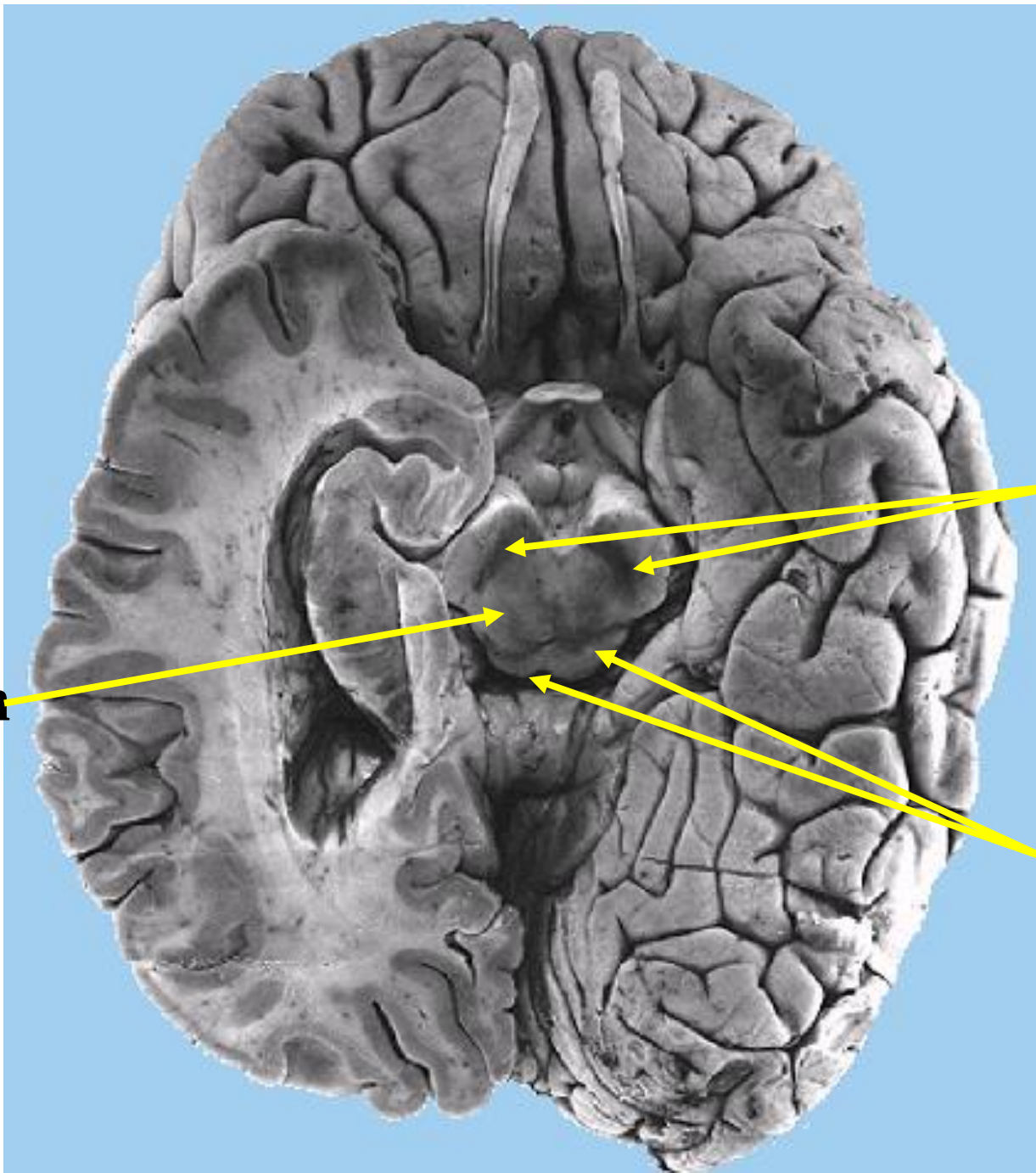


The Substantia Nigra



אזור ה-Substantia Nigra ("החמר השחור") שולח אקסונים לגרעינים הבזליים. הרס של אזור זה גורם למחלת פרקינסון.

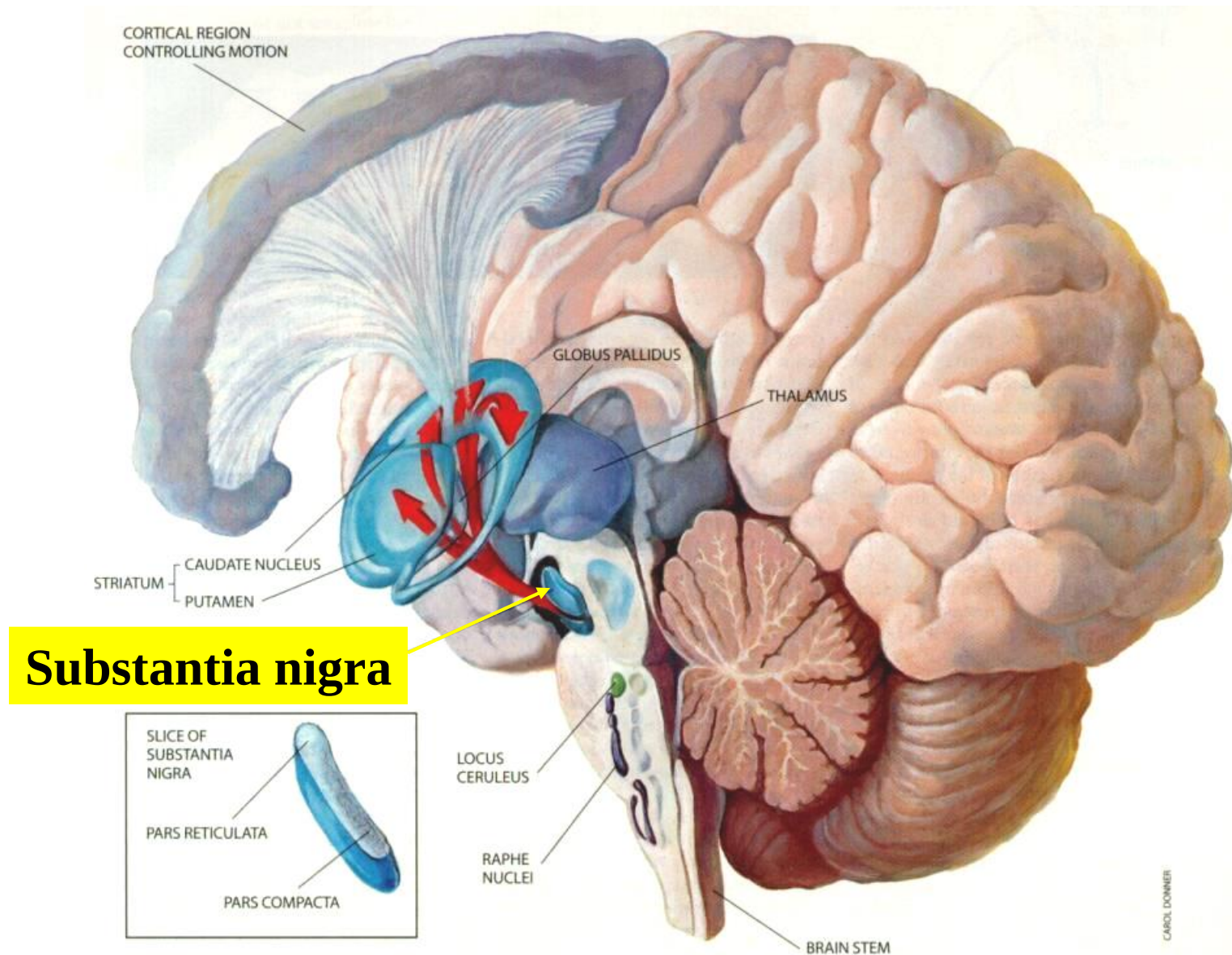
Midbrain



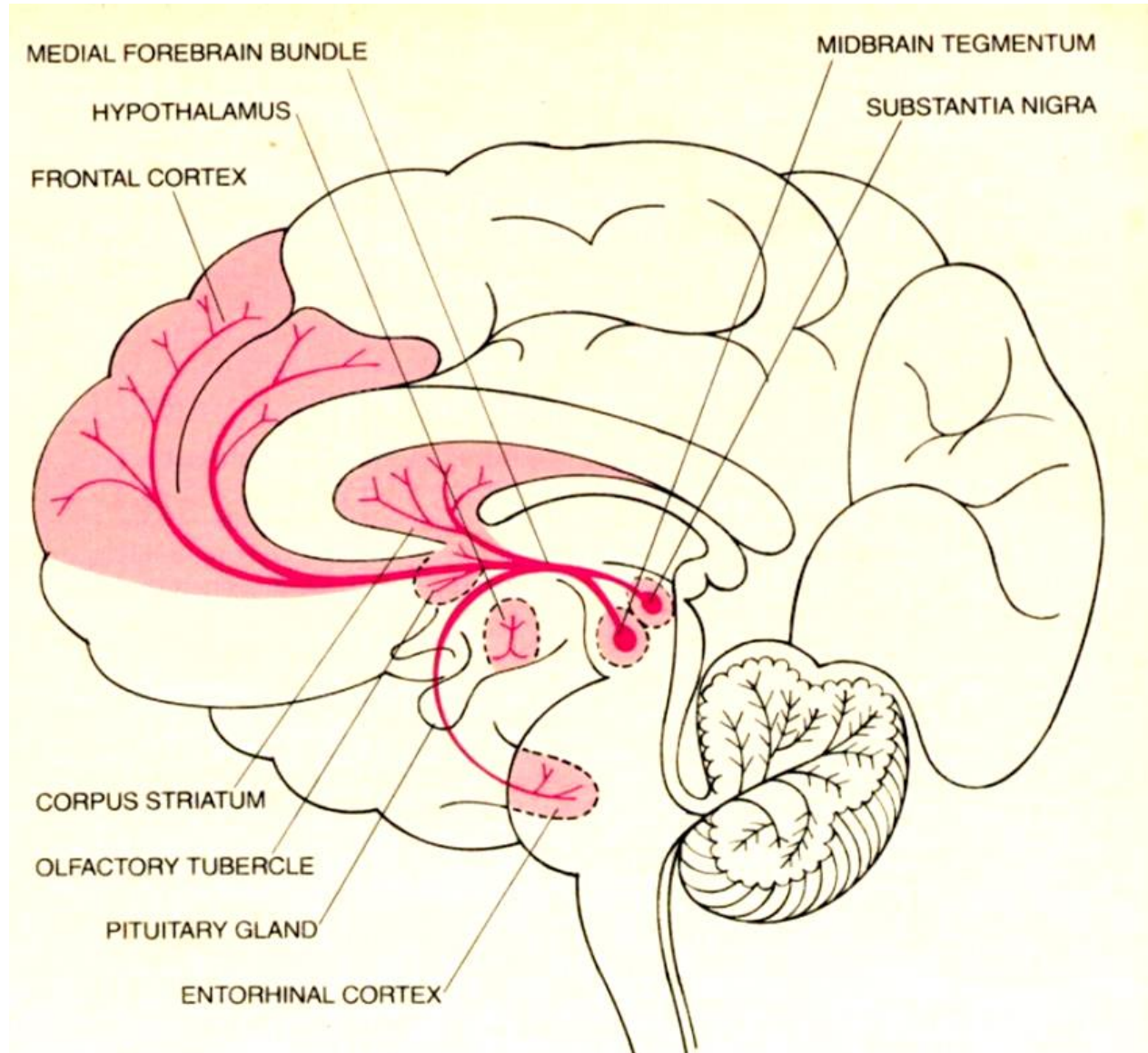
Substantia nigra

Tectum

The Substantia Nigra projects to the basal ganglia

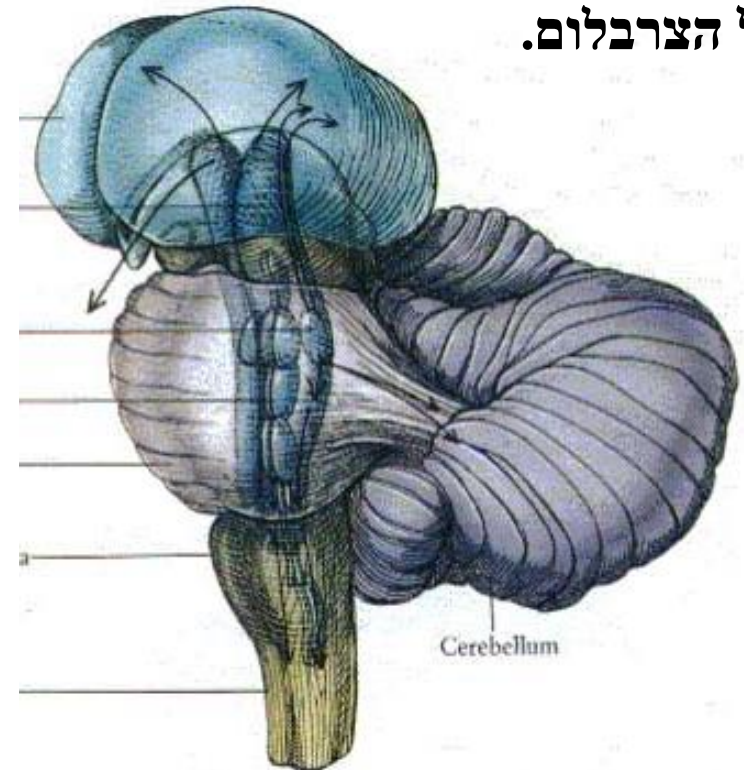
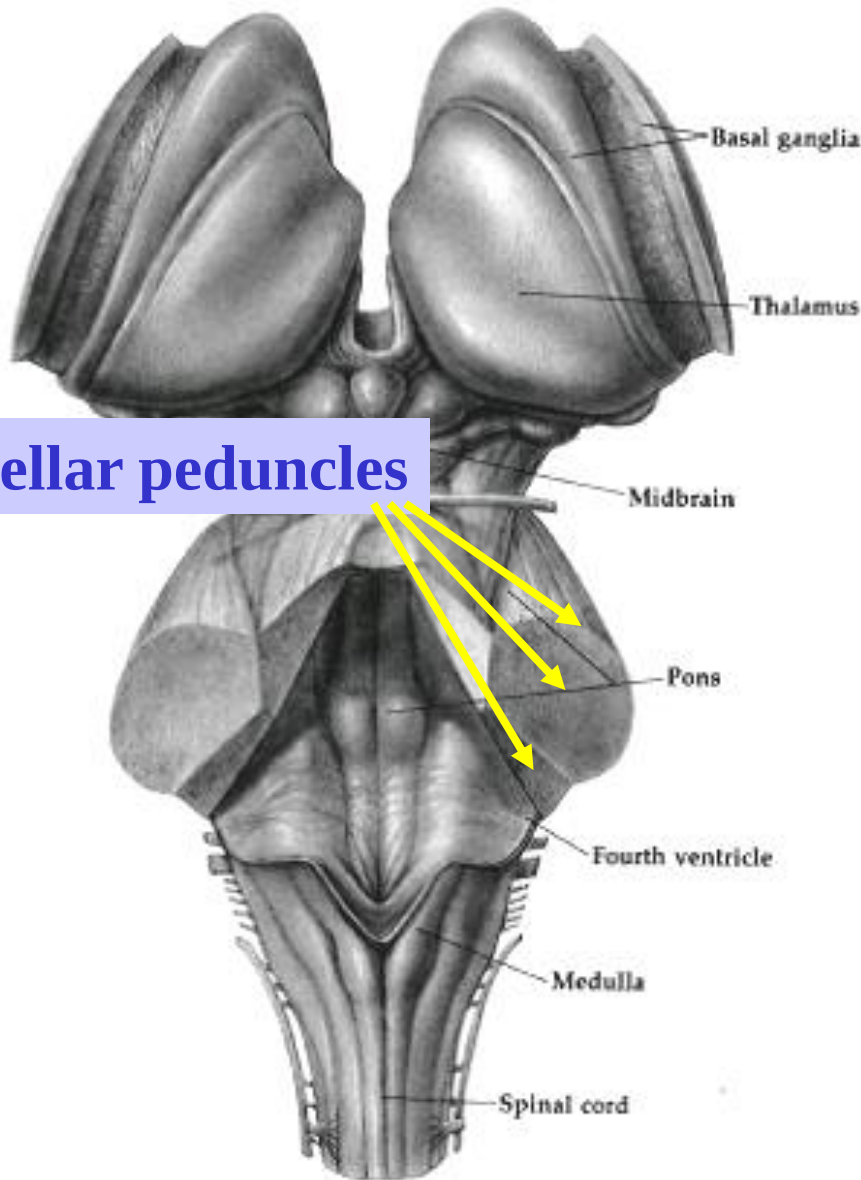


האזור הוונטרלי של הטגמנטום (Ventral tegmentum) כולל נוירונים ששולחים אקסונים מסועפים למערכת הלימבית ולקורטקס הפרה-פרונטלי. אזור זה מעורב במוטיבציה, חשיבה, למידה וחיזוק התנהגותי. בעיות במערכת זו גורמות לסכיזופרניה.

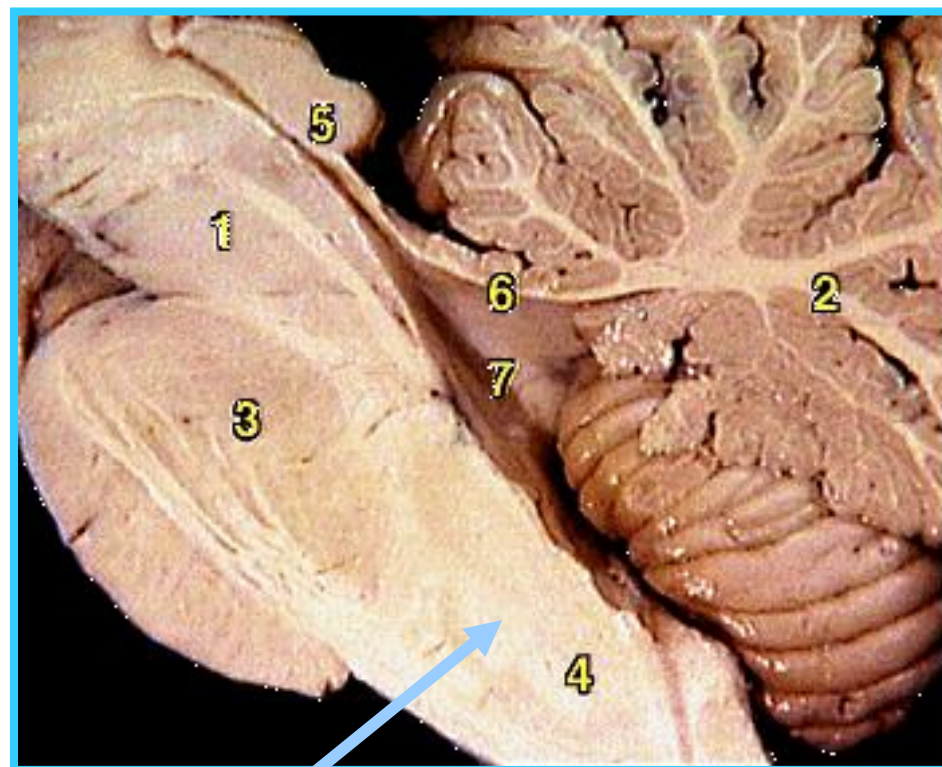
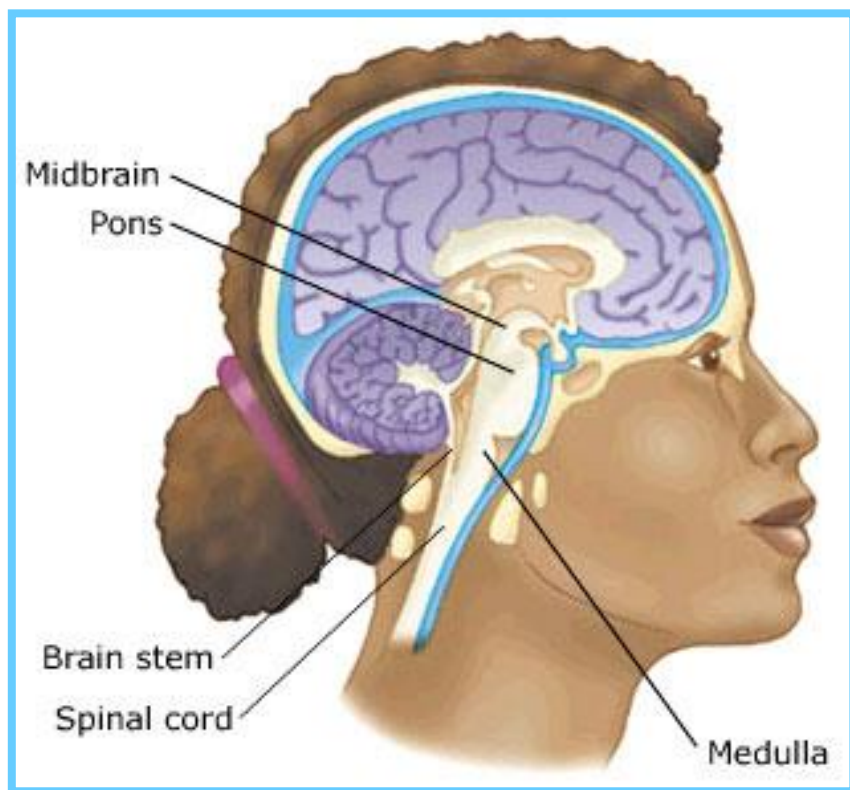


הפונס (Pons) שפרושו ה"גשר",

נמצא בדיוק מתחת לצרבלום, בין המידברייך למדולה. הוא כולל בעיקר סיבים (צרורות אקסונים) שמקשרים בין הצרבלום לשאר חלקי המוח במסילות שנקראות Cerebellar peduncles וכן גרעינים שמהווים תחנות מימסר לאינפורמציה שמגיעה מחלקי מוח שונים אל הצרבלום.



המדולה (Medulla) - מהווה המשך לחוט השדרה. אזור זה כולל גרעינים שמעורבים ב"משק הבית" של הגוף ושולטים על נשימה, קצב הלב, שמירת היציבה של הגוף, ועוד.

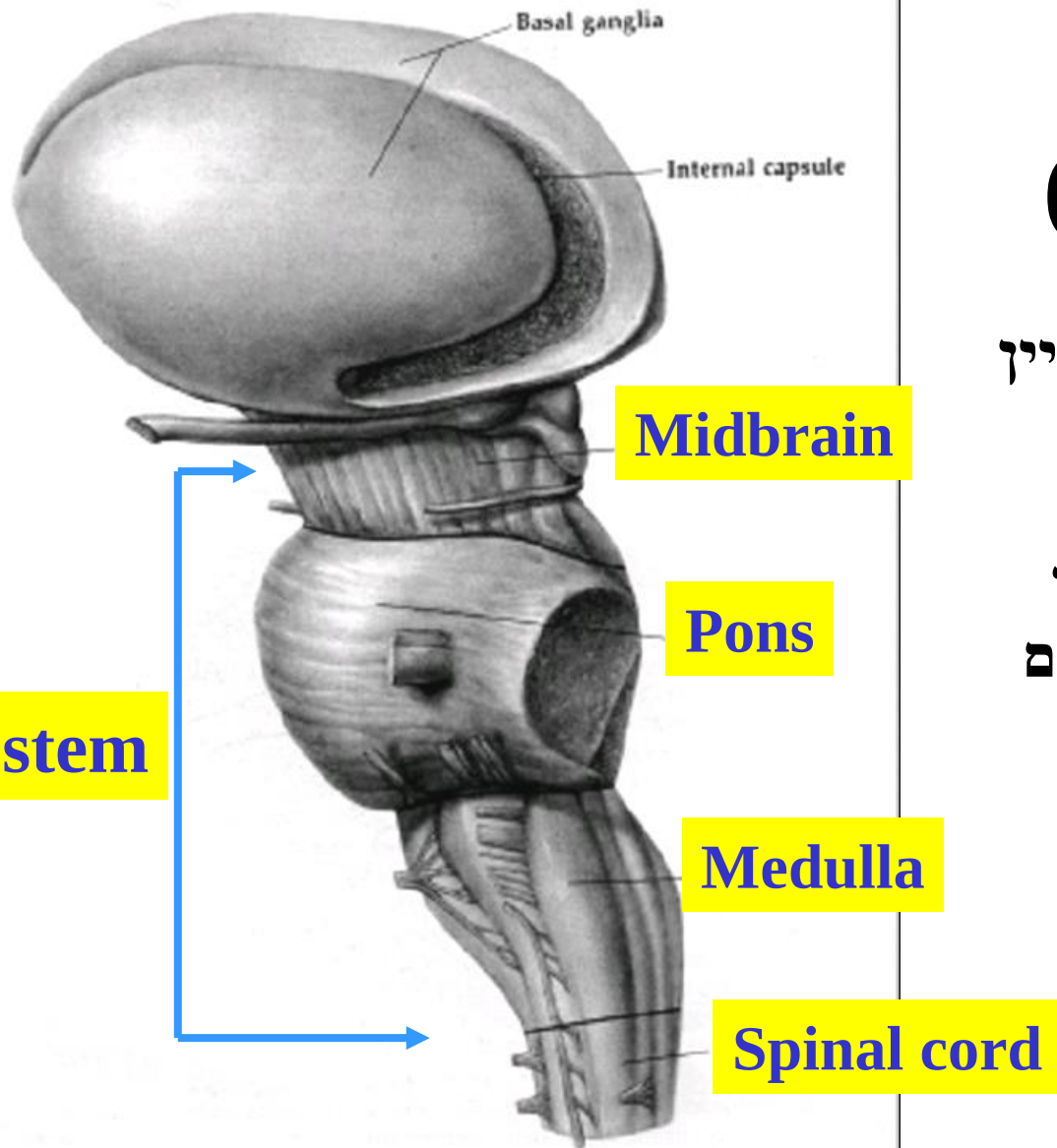


Medulla

גזע המוח (Brain stem)

המדולה, הפונס והמיזברייך
נקראים ביחד גזע המוח
(brain stem). הסיבה
שמתייחסים אליהם בתור
יחידה אחת היא שיש להם
לפחות שני מאפיינים
כלליים:

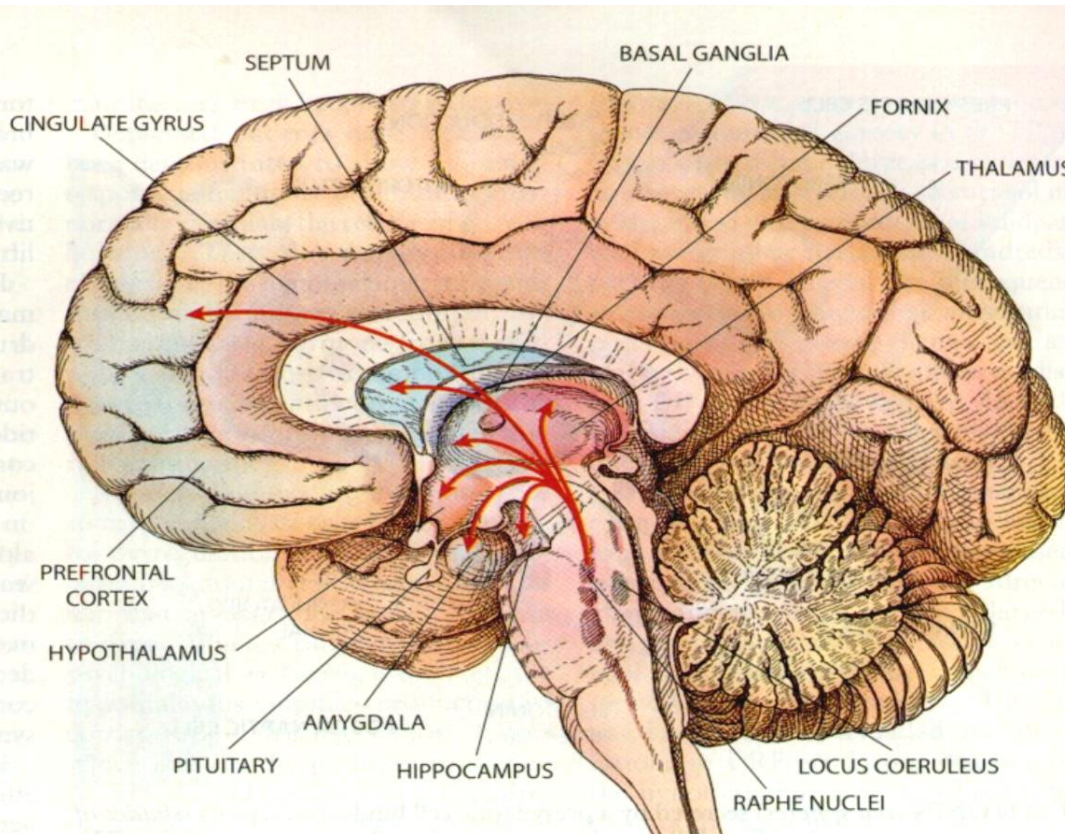
1. התצורה הרשתית
2. העצבים הקרניילים



The Reticular Formation (התצורה הרישתית)

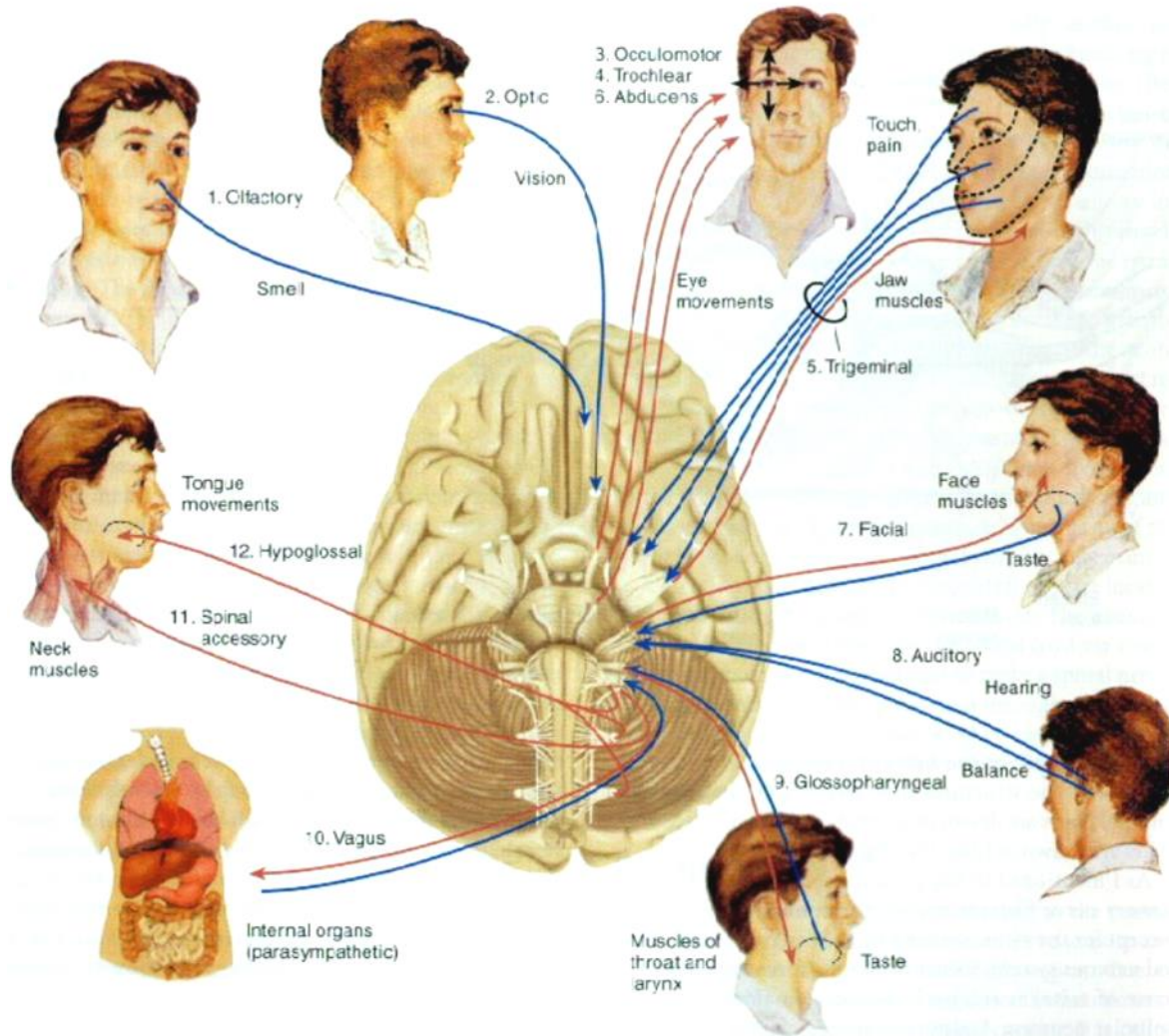
לאורך כל גזע המוח, בעיקר בחלקו המרכזי, יש סדרה של גרעינים שנקראים ביחד ה"תצורה הרישתית" (Reticular Formation).

האזור נקרא כך כיוון שבין הגרעינים עוברים אקסונים כך שצורתו האנטומית של האזור כולו נראית כמו רשת. אזור זה כולל מערכת של נוירונים וגרעינים קטנים שמחוברים בניהם.



האזור מקבל אינפורמציה ממערכות חוש ושולח אקסונים לאזורים שונים בתלמוס, בקורטקס, ובחוט השדרה. אזור התצורה הרישתית מעורב בקביעת רמת העוררות ובאספקטים שונים של שינה. למשל, פגיעה באזור מסוים של התצורה הרישתית תגרום להרדמה. פגיעה יותר גדולה תגרום לחסר הכרה מתמשך – כלומר, האדם הופך ל"צמח". בנוסף, מהתצורה הרישתית נשלחים אקסונים שיורדים לחוט השדרה, דרכם אזור זה שולט על מתח השרירים ועל רפלקסים שונים. לדוגמא בזמן שנת חלום מתח השרירים יורד.

העצבים הקרניים (Cranial nerves)



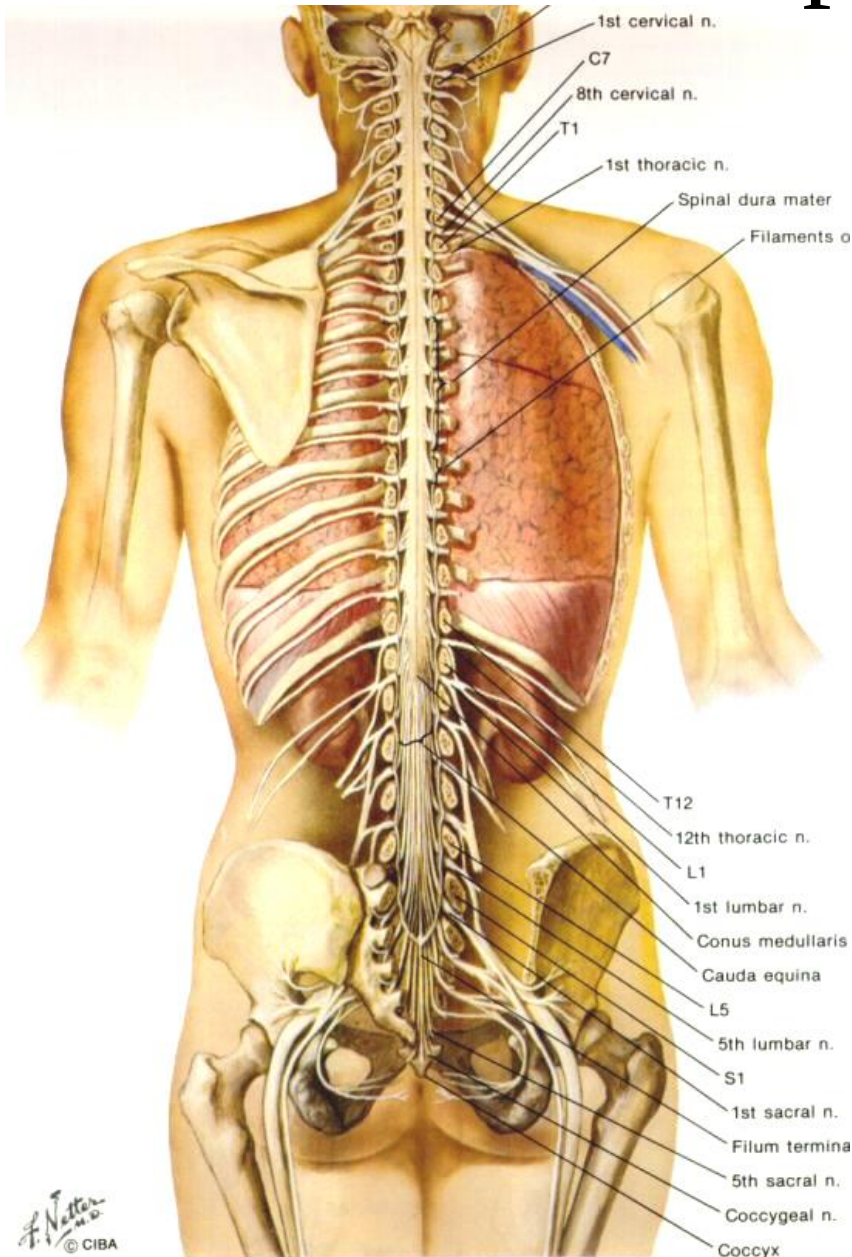
מתוך גזע המח יוצאים 10 זוגות של עצבים שנקראים עצבים קרניים (בסך הכל יש 12 זוגות של עצבים קרניים, כי יש שני זוגות נוספים שלא יוצאים מגזע המח). ניתן לחלק עצבים אלה למספר סוגים על פי תפקודם:

(1) עצבים ששולטים על תחושת המגע (אינפורמציה סומטוסנסורית) ואספקטים מוטוריים של הפנים והראש, כולל מערכת להזזת שרירי העיניים, שהיא מערכת מורכבת וקריטית לראיה תקינה.

(2) עצבים שמעבירים אינפורמציה מאברי חוש ספציפיים – עצב הראיה, השמיעה, הריח הטעם וחוש שווי המשקל.

(3) עצבים לשליטה על אברים פנימיים.

The Spinal Cord



**חוט השדרה (Spinal cord) המשכי
למדולה במח. הוא נמצא לאורך הגב
ומוקף בעצמות החוליות (vertebra).
כמו כן הוא גם מוקף בקרומי המח –
הדורה הארכנואיד וה-pia.**

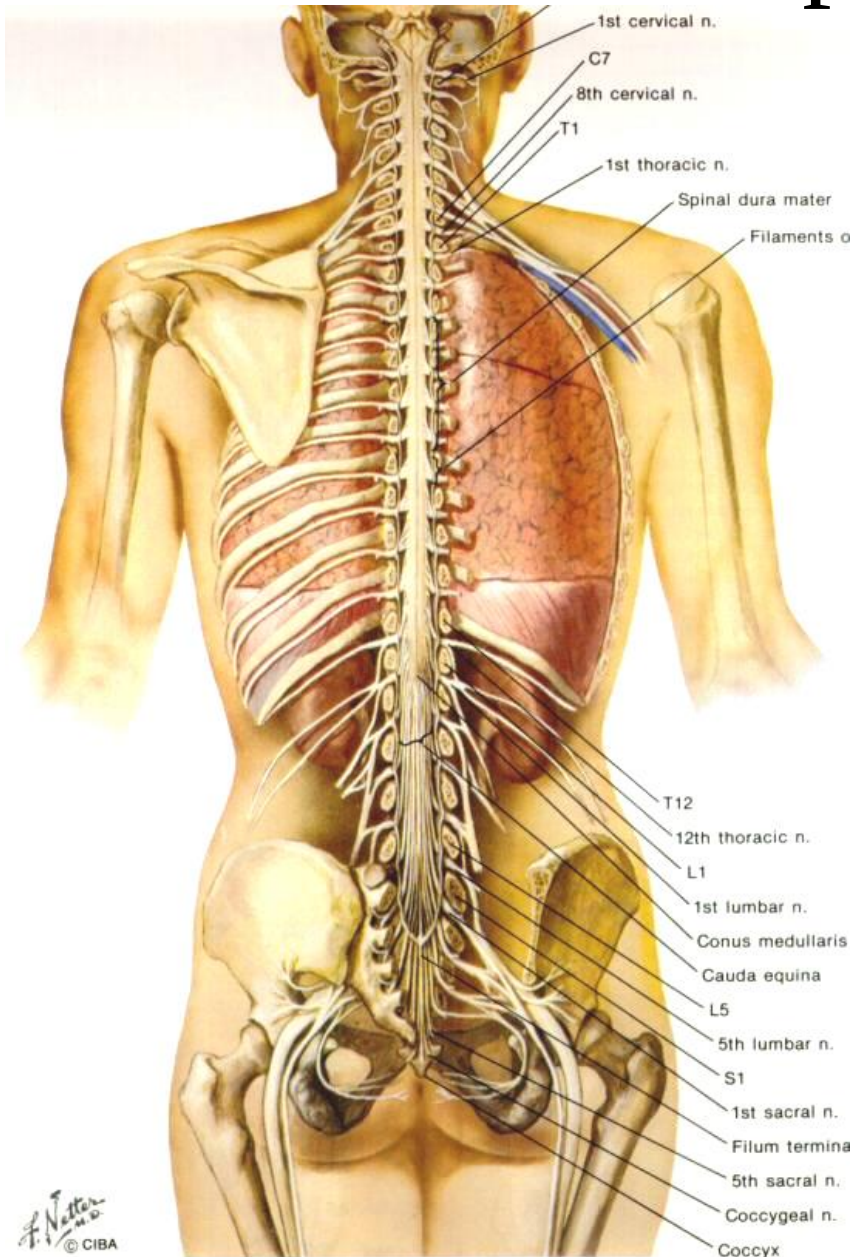
תפקידי חוט השדרה:

**1. התחנה הסופית לשליטה על תנועות
שרירים.**

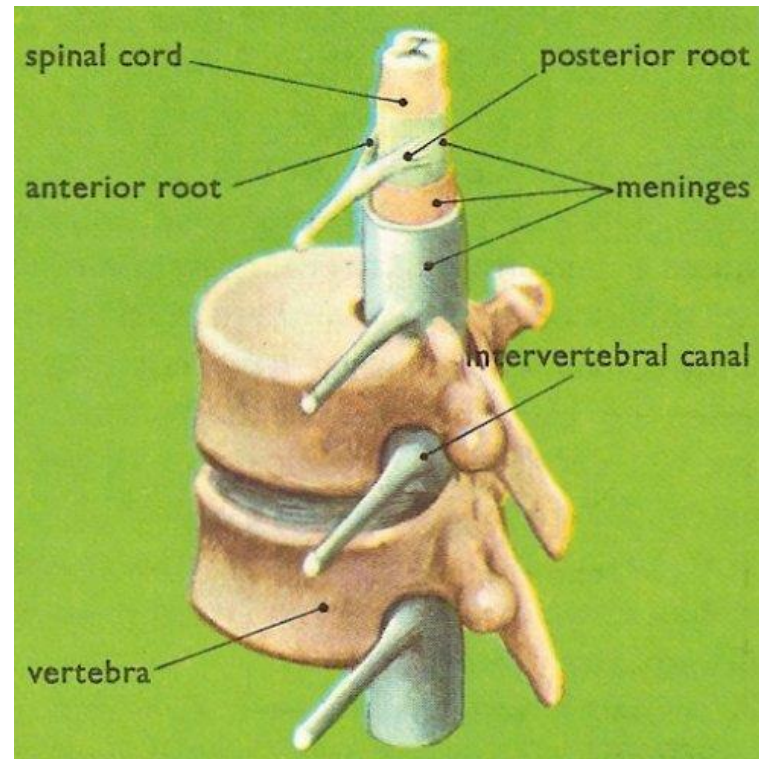
**2. קבלת אינפורמציה סומטו-סנסורית
מהעור (מגע, טמפרטורה, תחושת
השרירים וכאב), מהפרקים
ומהשרירים.**

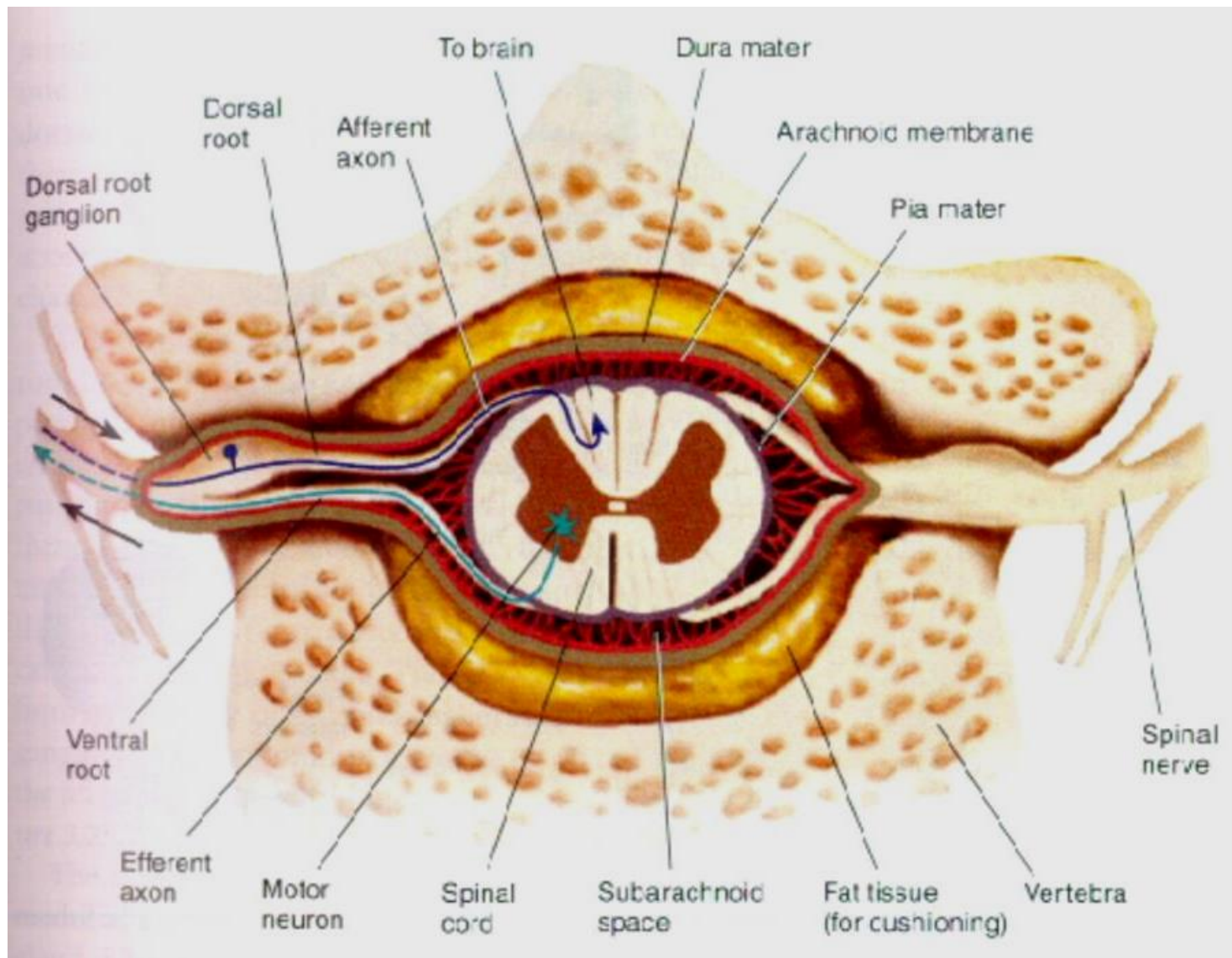
**3. שליטה על מערכת העצבים
האוטונומית ועל הפרשה של בלוטות
שונות בגוף.**

The Spinal Cord



- ישנן 31 חוליות לאורך הגב.
- בין כל חוליה אחת לשנייה יוצא זוג עצבים (אחד לכל צד של הגוף)
- עצבים אלה נקראים עצבים ספינלים (Spinal nerves)
- העצבים הספינלים יוצאים דרך פתח מיוחד בין החוליות.





חתך רוחב בחוט בשדרה מראה שגופי התאים (החמר האפור) מרוכזים בחלק המרכזי של חוט השדרה ויוצרים מבנה דמוי פרפר. האקסונים שיורדים ועולים בחוט השדרה נמצאים בחלק החיצוני.

Dorsal

Dorsal horn

Central canal

Medial zone

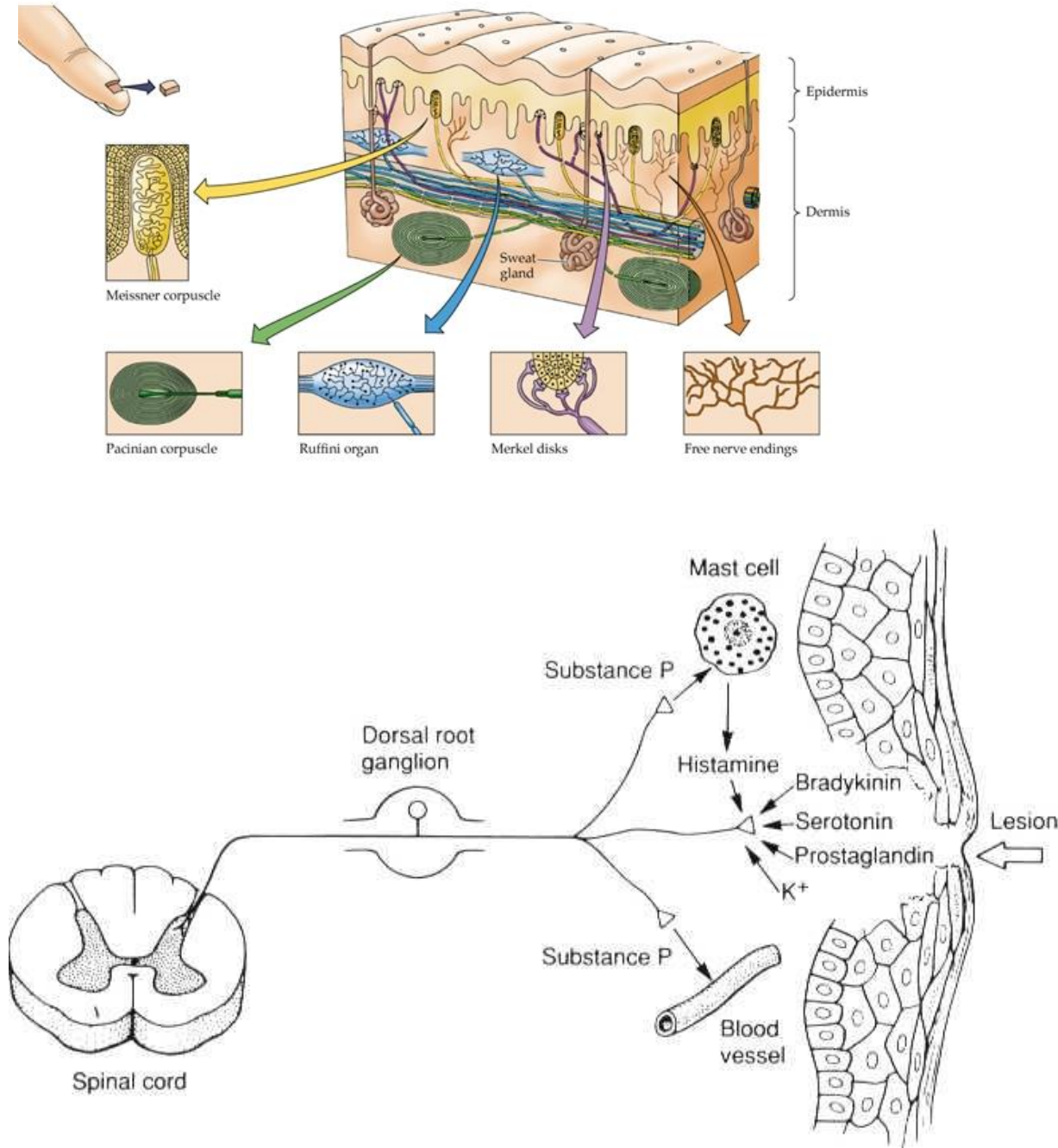
Ventral horn

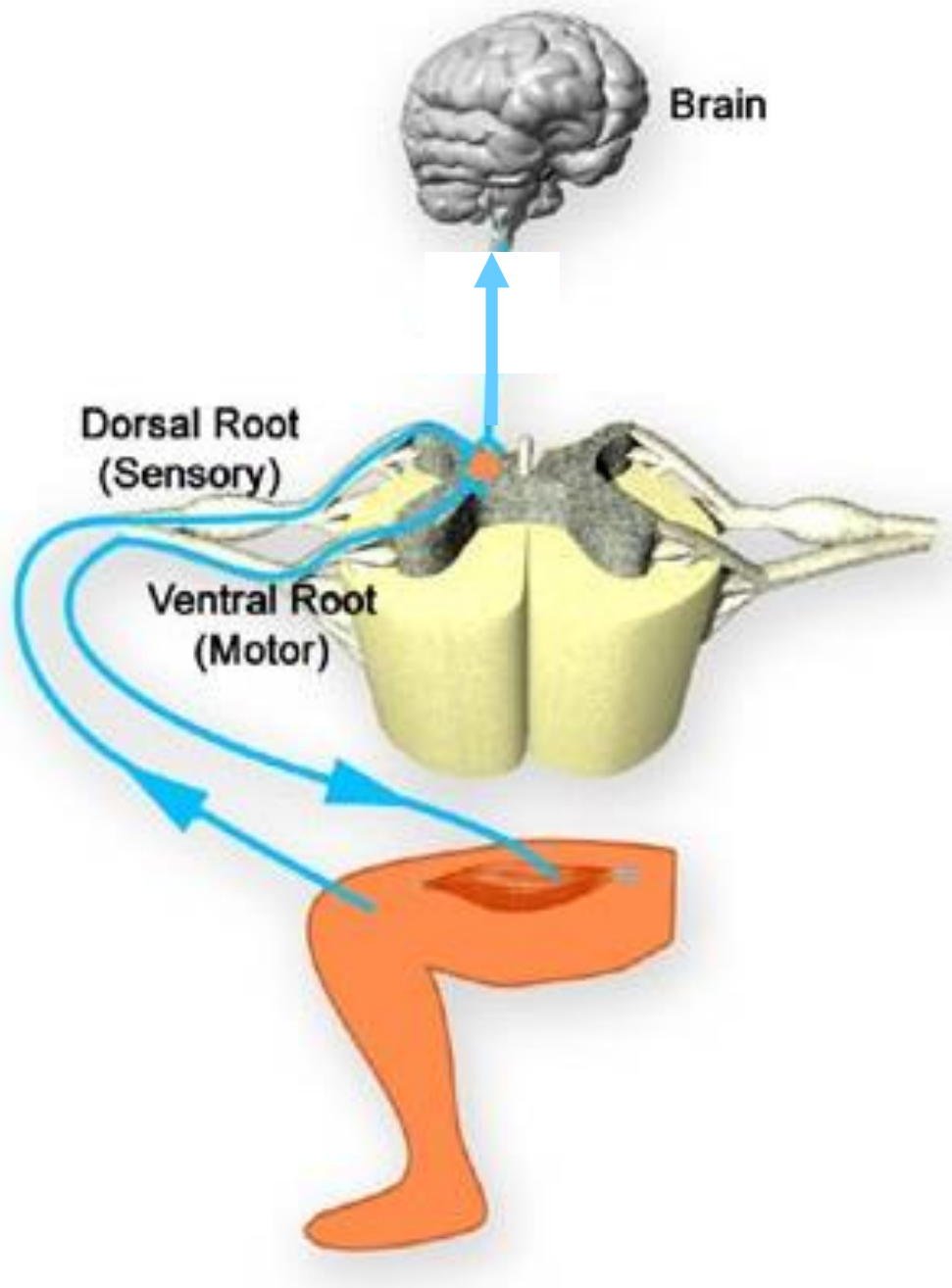
Ventral

בתמונה שלמעלה מיילין "צבוע" בצבע כהה (כלומר החלק הבהיר דמוי הפרפר מכיל את גופי התאים והאקסונים נמצאים בפריפריה).

אינפורמציה סנסורית
 מגיעה לחוט השדרה
 מנוירונים יוניפולריים
 שממוקמים מחוץ
 לחוט השדרה. גופי
 התאים נמצאים
 בצברי תאים

שסמוכים למקום
 היציאה של העצב בין
 החוליות ונקראים
**Dorsal Root
 Ganglion (DRG)**





האינפורמציה הסנסורית מגיעה
לאזור הקרן הדורסלית. חלק
מהאקסונים עושים סינפסה
באזור זה וחלק ממשיכים בתוך
החמר הלבן עד לגזע המוח.
אינפורמציה מוטורית יוצאת
מתאים שגופם בקרן הונטרלית
שנקראים מוטוניורונים. תאים
אלה מעצבבים את השרירים.
אינפורמציה למערכת
האוטונומית יוצאת מהחלק
המרכזי יותר של חוט השדרה.



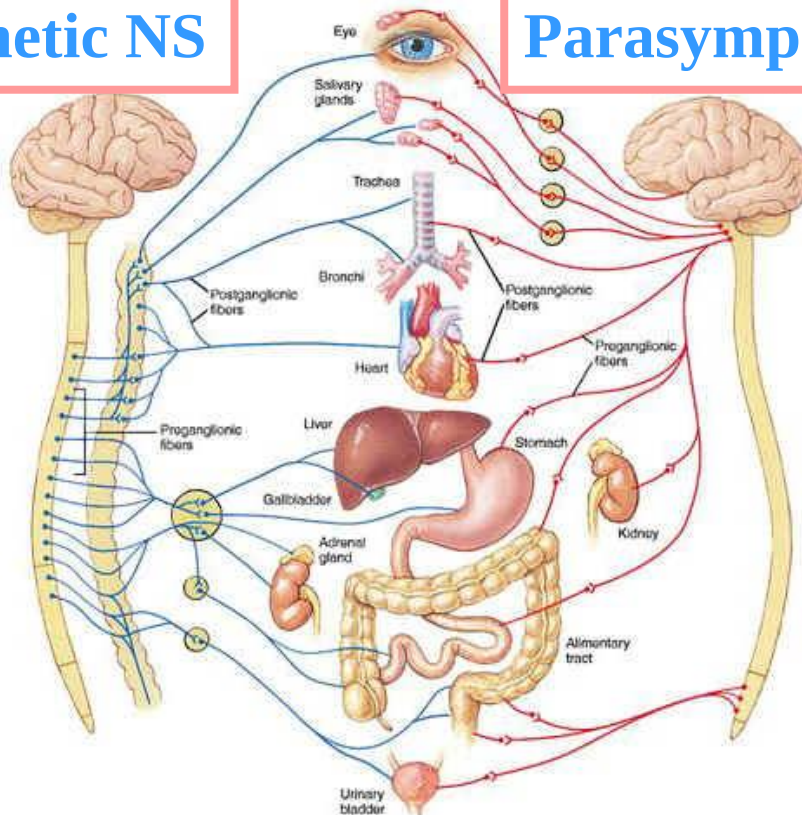
המערכת האוטונומית

מערכת זו שולטת על השרירים החלקים בגוף, על שריר הלב, על בלוטות שונות ועל אברי ההפרשה והמין. שרירים חלקים נמצאים בדפנות של האברים הפנימיים – בכלי הדם, בעין (שולטים על גודל האישון), במערכת העיכול ובעור, שם הם גורמים להזדקרות השערות ("עור אווז").

ישנן שתי תת מערכות של המערכת האוטונומית: המערכת הסימפטטית והמערכת הפרהסימפטטית.

Sympathetic NS

Parasympathetic NS



המערכת הסימפטית



מופעלת בעיקר במצבי סכנה
וחרום – מצבים המחייבים
התמודדות אופטימלית
ויעילה עם גורמי לחץ, תוך
ניצול של אנרגיה הנמצאת
במאגרים שונים בגוף.
למשל, הפעלה של מערכת זו
תביא להגברת קצב הלב
וזרימת הדם לשרירים ועליה
ברמות הסוכר בדם (כמקור
של אנרגיה זמינה לתאים),
כדי לאפשר פעילות נמרצת
של השרירים והמת.

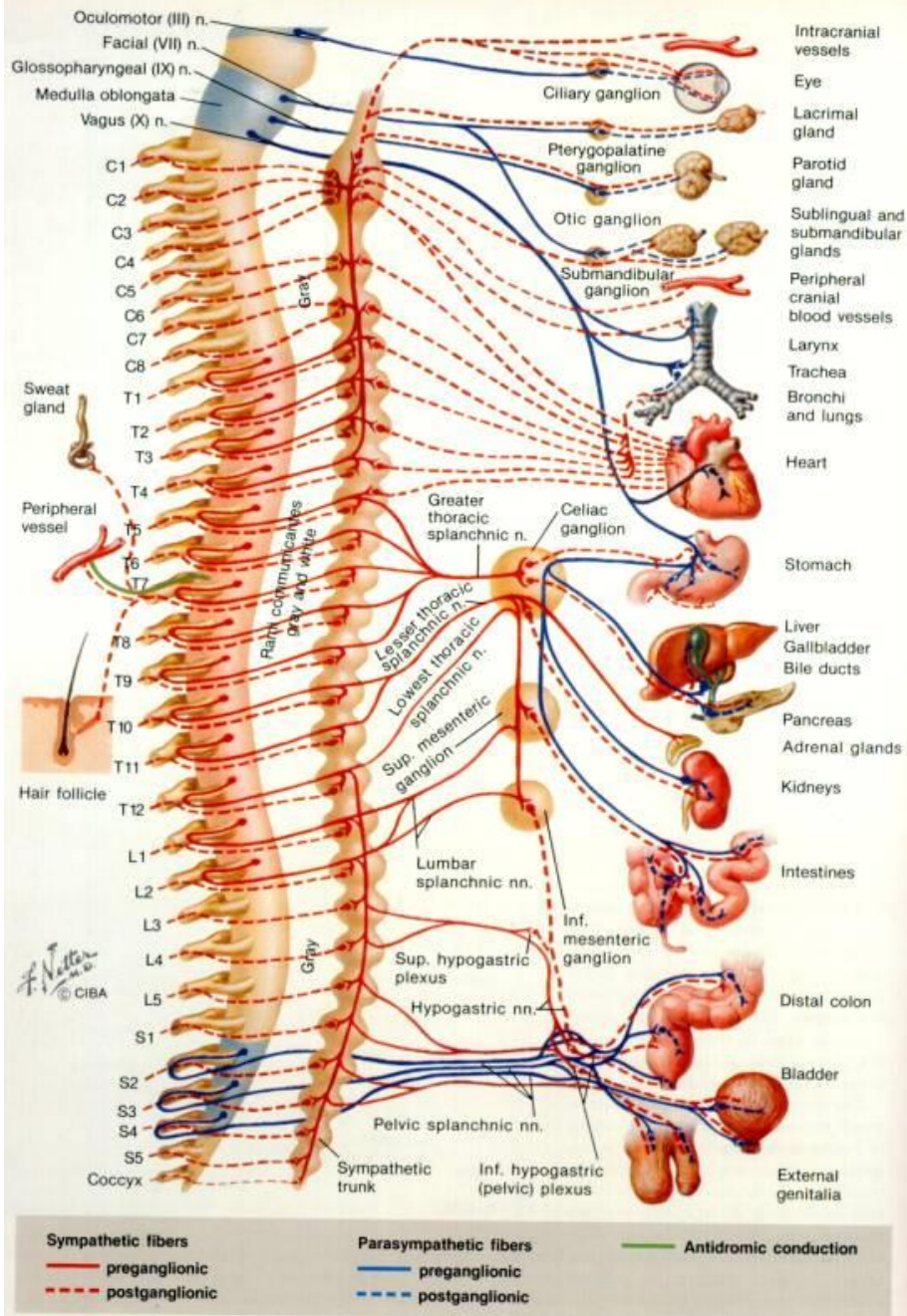
כמו כן, ביחד עם הורמוני הלחץ, בעיקר קורטיזול, המערכת פועלת להפסקת פעילויות
לא קריטיות, כמו גדילה ועיכול, ולשינויים בפעילות מערכת החיסון. הפעלת המערכת
גורמת לסימור של השערות, כדי שהחיה תראה גדולה ומפחידה יותר.

האנטומיה של

המערכת הסימפטטית

האנטומיה של המערכת כוללת גופי תאים בחלק המרכזי-לטרלי של חוט השדרה, ששולחים אקסונים לסדרה של גנגליונים שממוקמים בסמוך לחוט השדרה. תאים אלה נקראים פרה-גנגליונים. בגנגליון, תאים אלה עושים סינפסה עם גופי תאים שנקראים פוסט-גנגליונים, אשר שולחים את האקסונים שלהם לאברי ובלוטות מטרה, שם הם משחררים נוירורנסמיטור בשם נוראפינפריין. כמו כן, תאי המערכת הסימפטטית מעצבבים את בלוטת האדרנל וגורמים לה לשחרר את ההורמון אדרנלין, שיחד עם נוראפינפריין אחראי לחלק חשוב מהתופעות שהמערכת גורמת.

Schema of Autonomic Nervous System



המערכת הפארה-סימפטטית

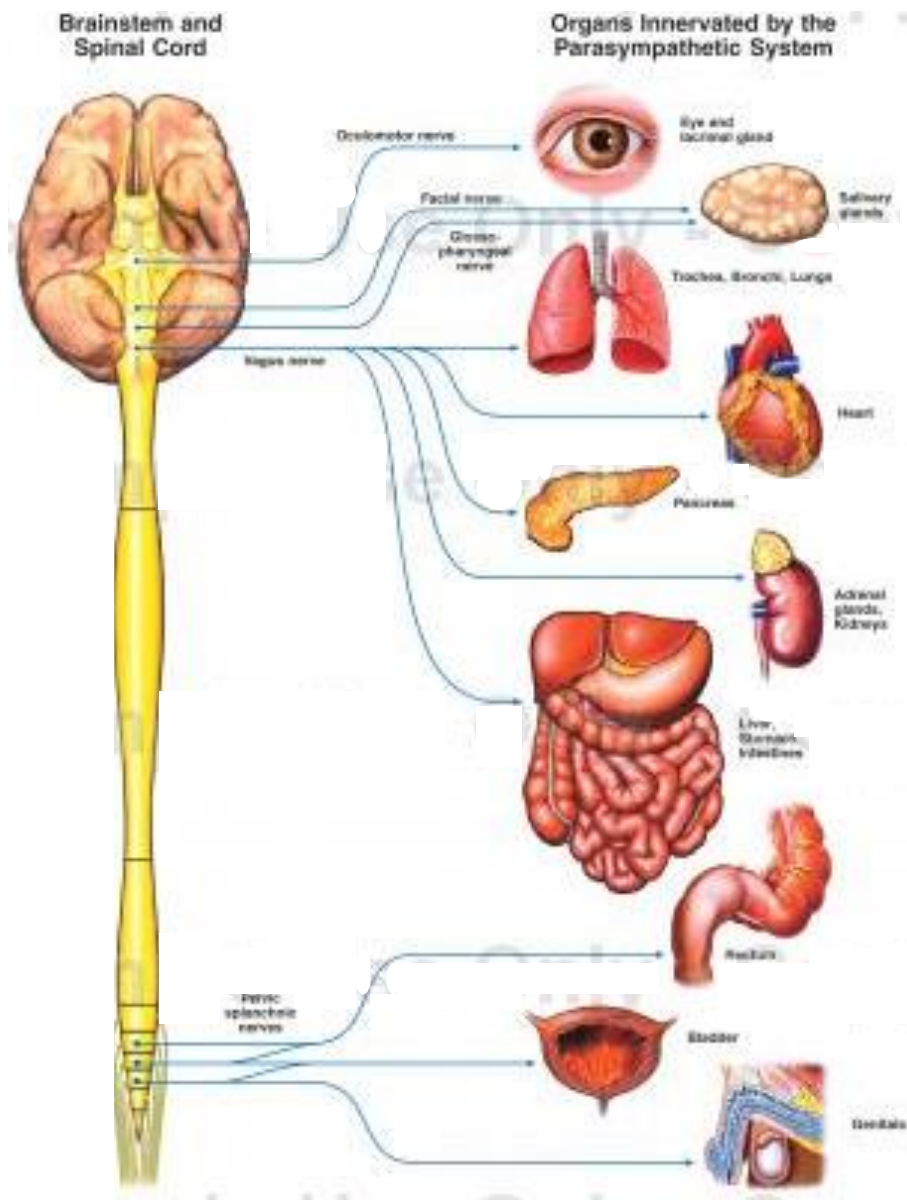
Parasympathetic Nervous System



בניגוד למערכת הסימפטטית שפועלת במצבי חרום, זוהי המערכת לוויסות הפעילות של האברים הפנימיים בזמן שקט ומנוחה. במקרים רבים הפעילות של מערכת זו מנוגדת לפעילות המערכת הסימפטטית.

כלומר המערכת הפארה-סימפטטית אחראית לפעילויות גופניות של אצירת אנרגיה – למשל היא מגבירה את הפעילות במערכת העיכול, כולל דרך הזרמת יותר דם למערכת זו, היא מרגיעה ומפחיתה את קצב הלב ולחץ הדם, וכו'.

אנטומיה של המערכת הפרה-סימפטטית



במערכת הפרהסימפטטית חלק מהתאים הפרהגנגליונים מצויים בגזע המוח, כלומר יש מספר עצבים קרניילים שמשתייכים למערכת זו, כולל הוואגוס. חלק נוסף של המערכת כולל גופי תאים בחלק התחתון של חוט השדרה. התאים הפרה-גנגליונים שולחים אקסונים שמגיעים ועושים סינפסה עם תאים בגנגליון שנמצא בסמוך לאברי המטרה. התאים הפוסטגנגליונים נשלחים אל איבר המטרה ומשחררים שם את הנוירורנסמיטור אצטילכולין.

