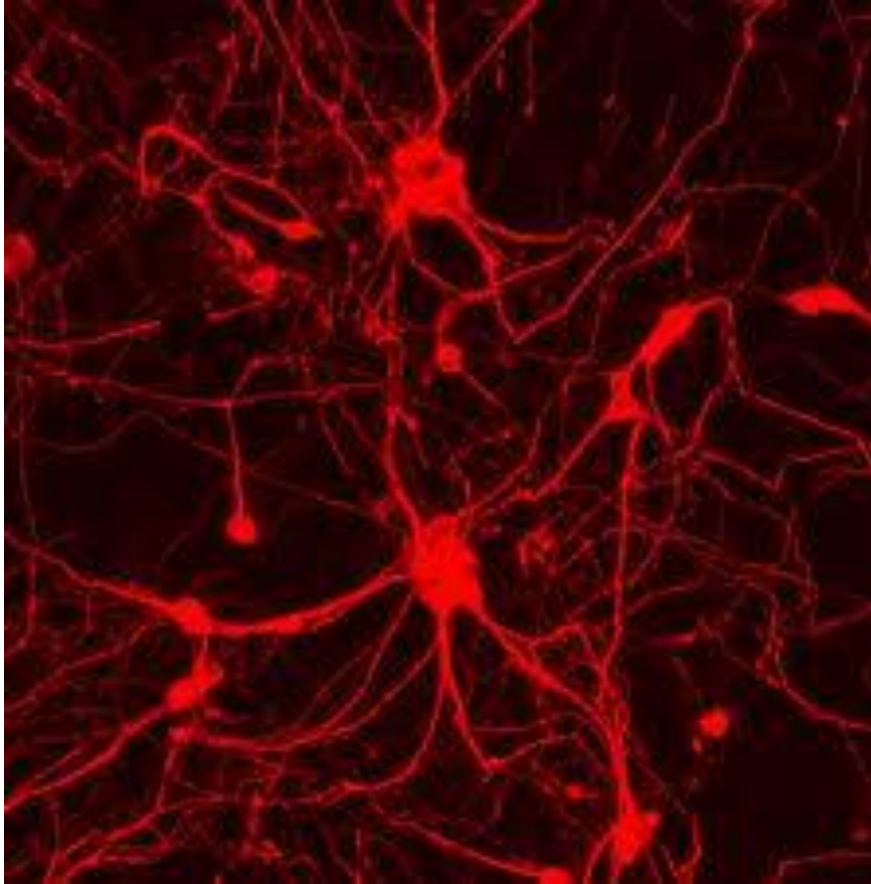


שיעורים 2-3
מבנה ותפקוד תאים
במערכת העצבים

תפקיד מערכת העצבים:

- שליטה ותאום התפקודים השונים של גוף האדם
- תקשורת בין העולם הפנימי והעולם החיצוני
- עיבוד מידע בעולם הפנימי



נושאים:

- א.
 - מבנה התא
- א.
 - חלוקת מערכת העצבים
 - תיאור של תאי עצב
 - תיאור של תאי גליה Glia
 - מיאלין
 - מחסום דם – מוח



תאוריית התא The Cell Theory

Jakob Schleiden
& Theodor Schwann (1839)

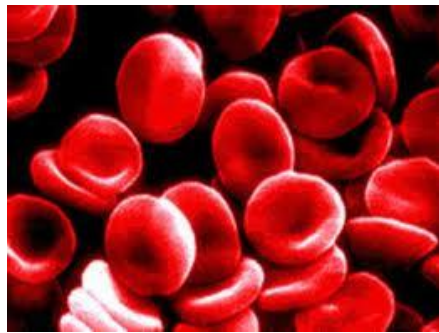
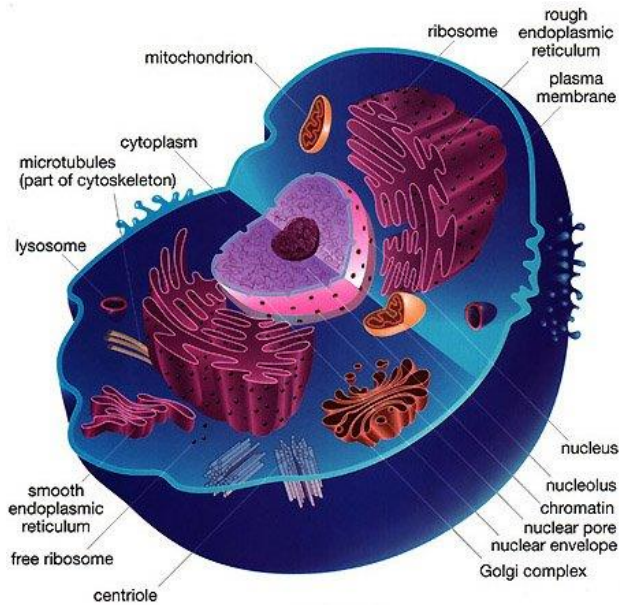


- כל היצורים החיים (בעלי חיים וצמחים) בנויים מאותן יחידות בסיסיות הנקראות תאים (Cells).
- לכל התאים מספר תכונות בסיסיות זהות (מבחינת מבנה ומבחינת תפקיד)

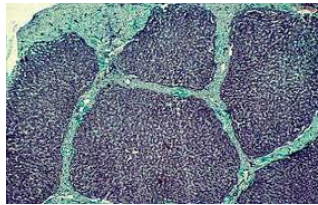
מבנה התא

גוף התא:

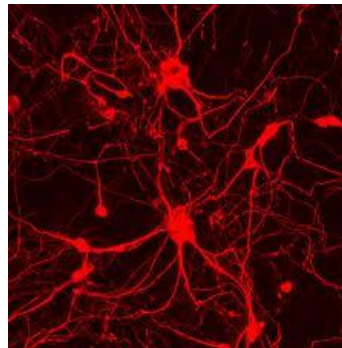
- תא - יחידת המבנה הבסיסית של היצורים החיים
- המבנה הפנימי של התא משותף לכל סוגי התאים
- צורתו שונה בסוגי תאים שונים
- מכיל גרעין ואת שאר המנגנונים האחראים לחיי התא.



תאי דם אדומים



תאי כבד



תאי עצב

ממה מורכבים תאים?

אבני הבנין העיקריות:

- חלבונים Proteins
- שומנים lipids
- סוכרים Carbohydrates

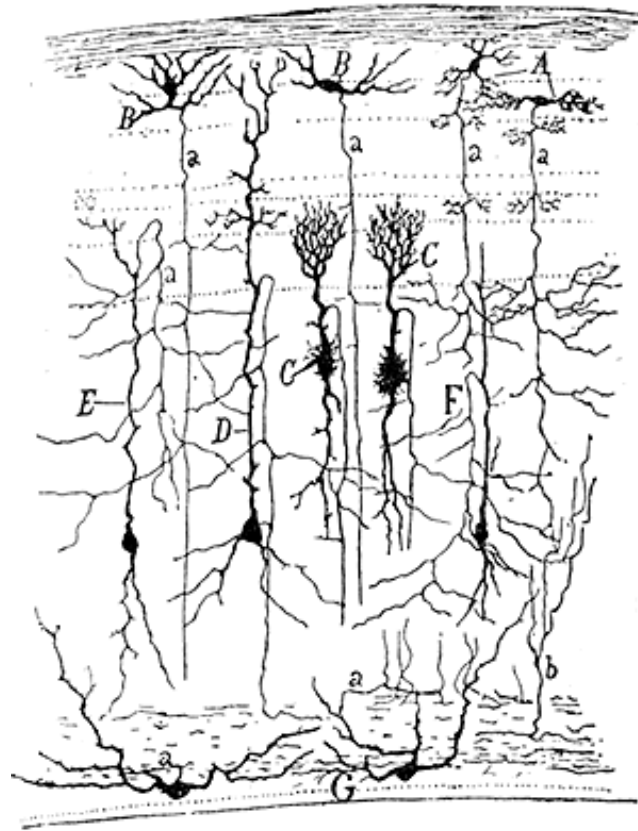
חומרים אלה נספגים או נבנים בתוך התא בהתאם לצרכים

מאבני היסוד (אטומים):

היסודות: C H O N

פחמן, מימן, חמצן, חנקן ועוד יסודות כמו גופרית, זרחן וכו..

Santiago Ramon y Cajal (1852-1934)



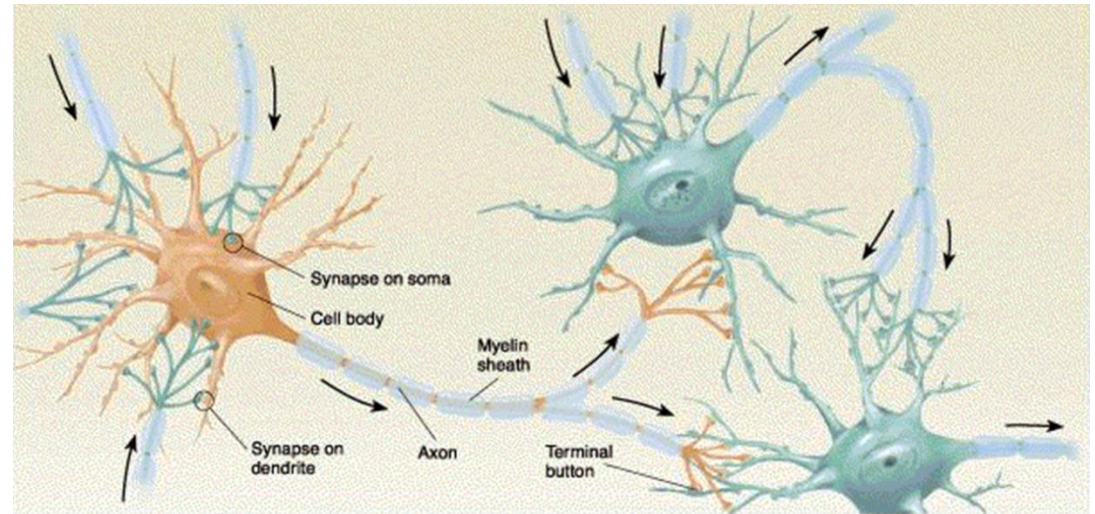
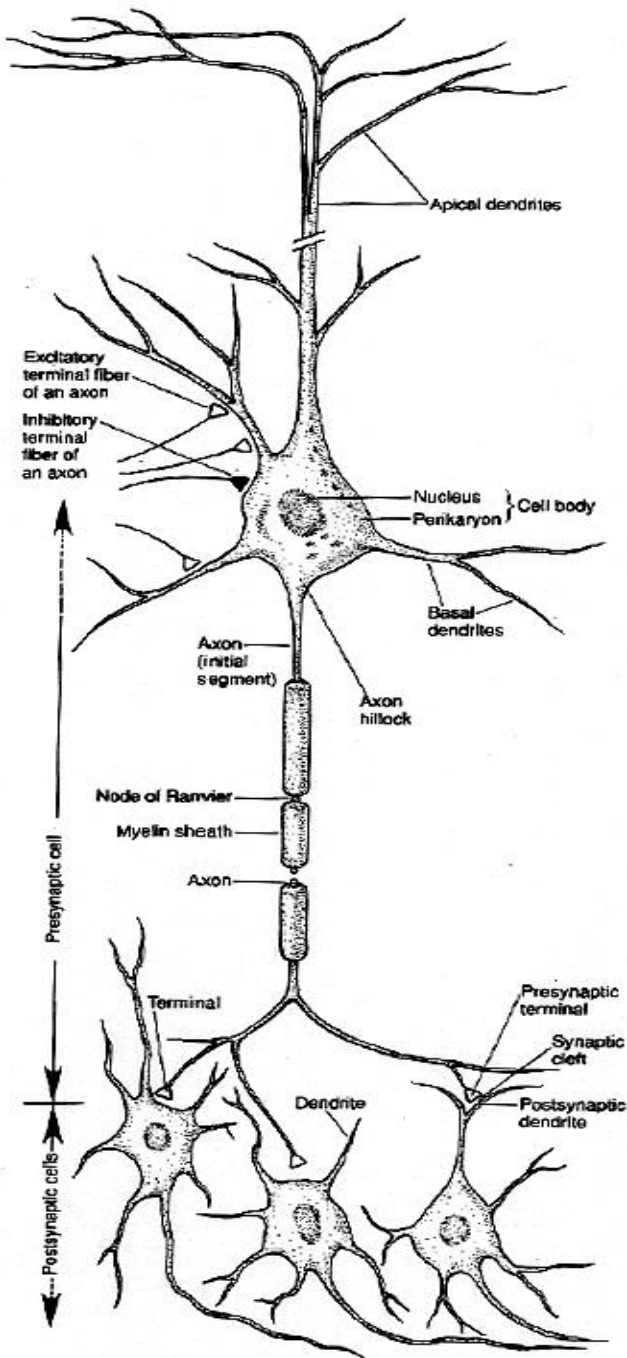
“in describing what the microscope showed, [Cajal] spoke habitually as though it were a living scene. This was perhaps the more striking because... his preparations were all dead and fixed “ (Charles Sherrington)

תא עצב – נוירון Neuron

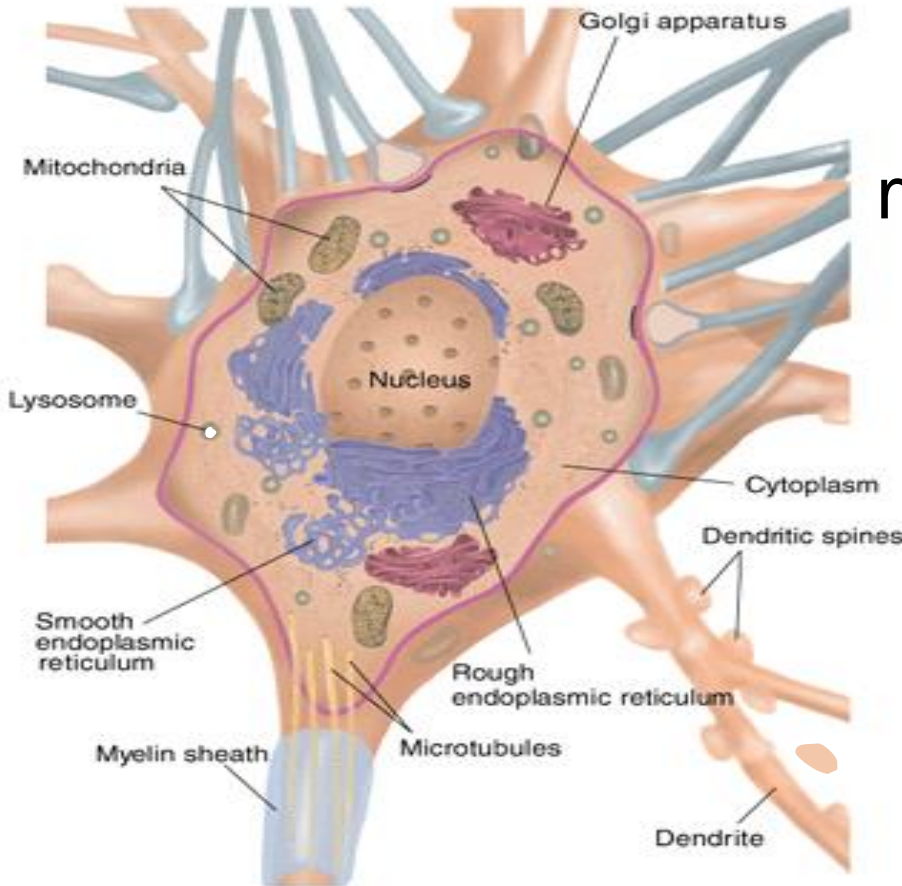
היחידה הבסיסית של מערכת העצבים

מבנה הנוירון:

- גוף התא soma
- דנדריט dendrite
- אקסון axon



המבנה הפנימי של התא



• מוקף בממברנה – membrane

• לתא סביבה חוץ תאית וסביבה תוך תאית

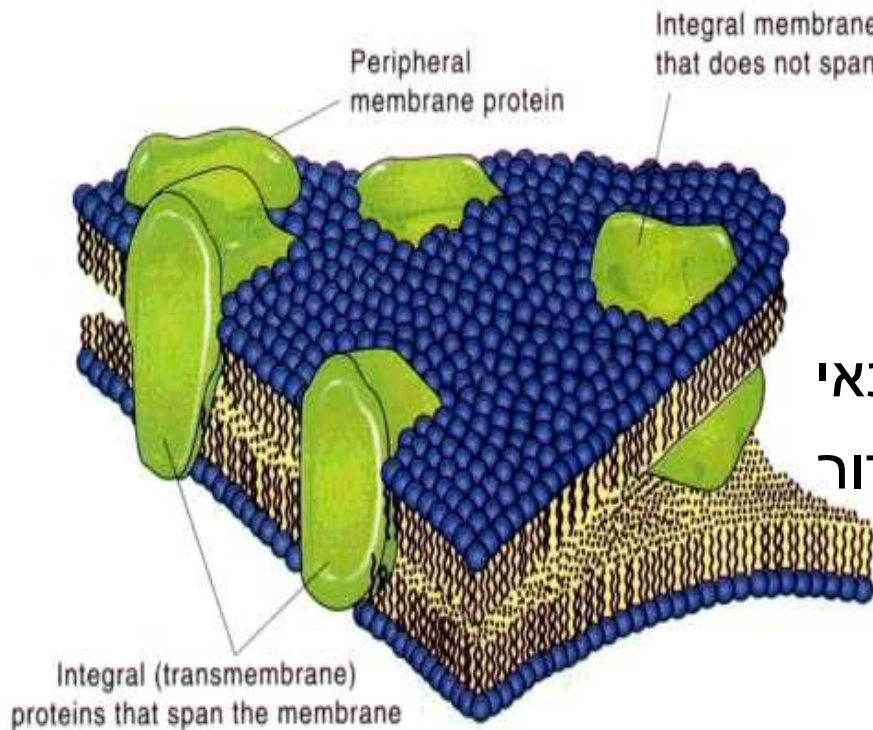
• ציטופלזמה – cytoplasm נוזל התא

• מכיל אברונים organelle

(אברון = איבר קטן)

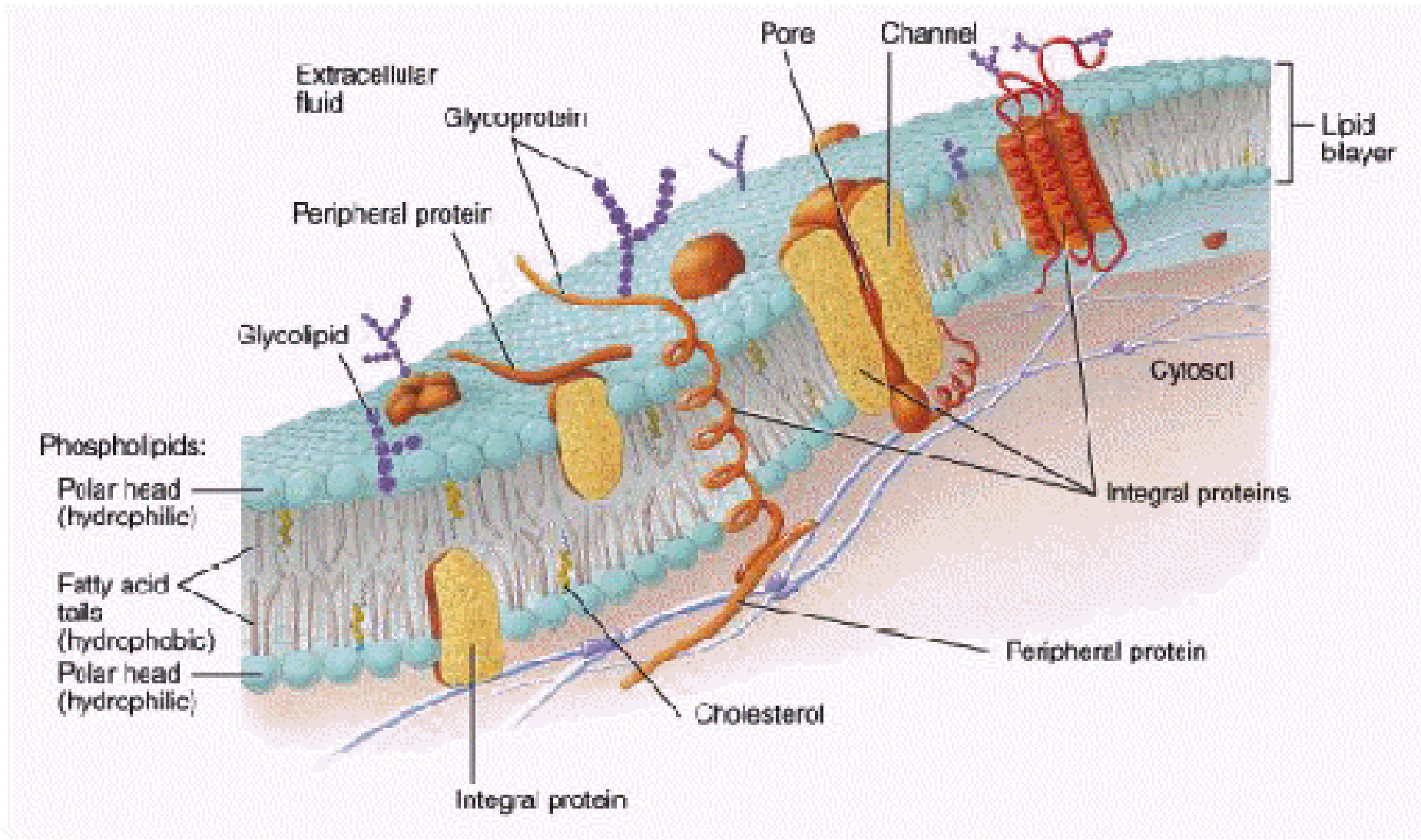
• מכיל את הגרעין – nucleus

קרום התא (ממברנה)



- תיחום והגנה – מגדירה את גבול התא
- 2 שכבות של פוספוליפידים (מולקולות שומן) וביניהן חלבונים
- בידוד בין הנוזל התוך תאי לנוזל החוץ תאי
- מעבר חומרים: מעט חומרים יכולים לחדור את הקרום בצורה פסיבית.
- חומר שאינו מסיס בשומן זקוק לתעלה/נשא מיוחד, שיעביר אותו פנימה או חוצה.
- \leq הממברנה מאפשרת חישה ותקשורת בין הסביבה הפנימית של התא לבין הסביבה החוץ תאית

- בקרום "מעוגנים" חלבונים בעלי תפקידים שונים (תעלות **channels**, משאבות **pumps**, נשאים **carriers**, קולטנים **receptors**). (נלמד על זה בהמשך הקורס)



קרום התא בהקשר של מערכת העצבים:

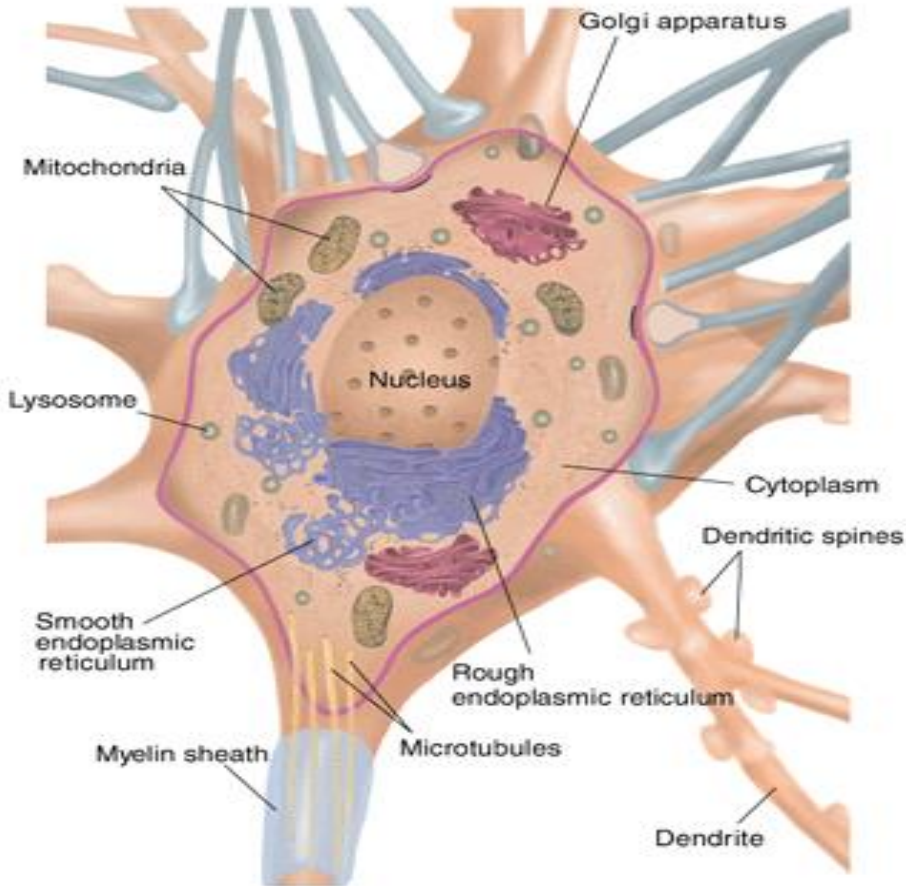
• התקשרות בין תאי עצב נעשית בצורה **חשמלית וכימית** ולכן הקרום, התעלות, המשאבות והקולטנים שבו בעלי תפקיד חיוני:

1. **פוטנציאל חשמלי**: יש הפרש במטען חשמלי בין פנים התא (הנוזל התוך תאי) והנוזל החוץ תאי. הפרת המאזן החשמלי מאפשרת שחרור חומר כימי מהתא שישפיע על התא הבא. התקשורת החשמלית תלויה **בתעלות ומשאבות**.

2. **תקשורת כימית**: מעבר חומרים מתא עצב אחד לשני תלוי בקולטנים (רצפטורים) ונשאים בתא המשחרר ובתא המקבל.

המשק בסיצוריקס הבאים

הציטופלסמה

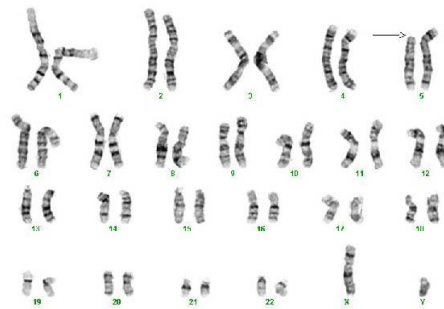


- חומר חצי נוזלי חצי צמיגי.
- זרמת כל הזמן, ממלאת את עיקר נפחו של התא.
- מהווה את התווך בו מתרחשים כל תהליכי החיים של התא, הנוזל התוך תאי.
- בתוך הציטופלסמה נמצאים אברונים organelles ו"שלד" cytoskeleton שנותן לתא את צורתו.

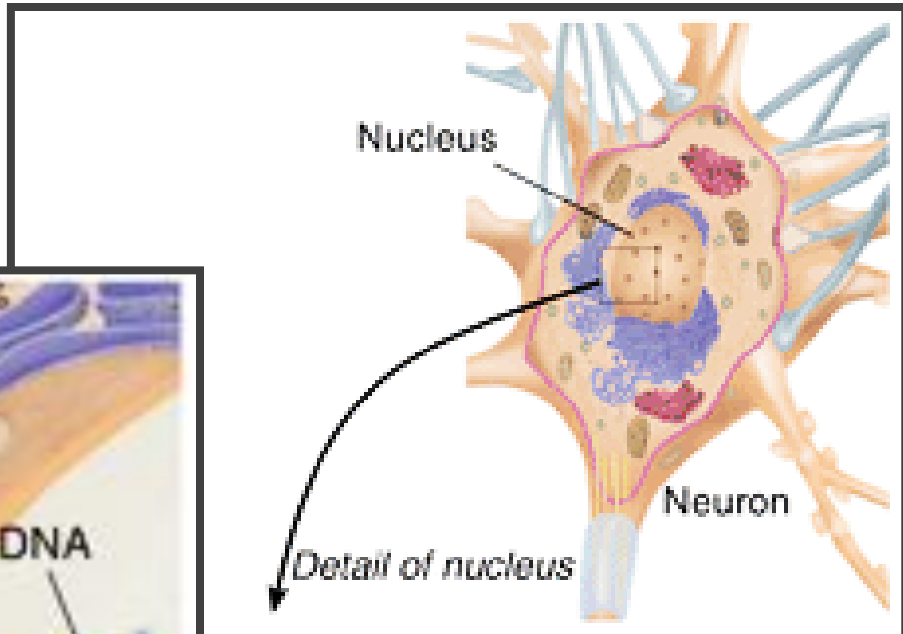
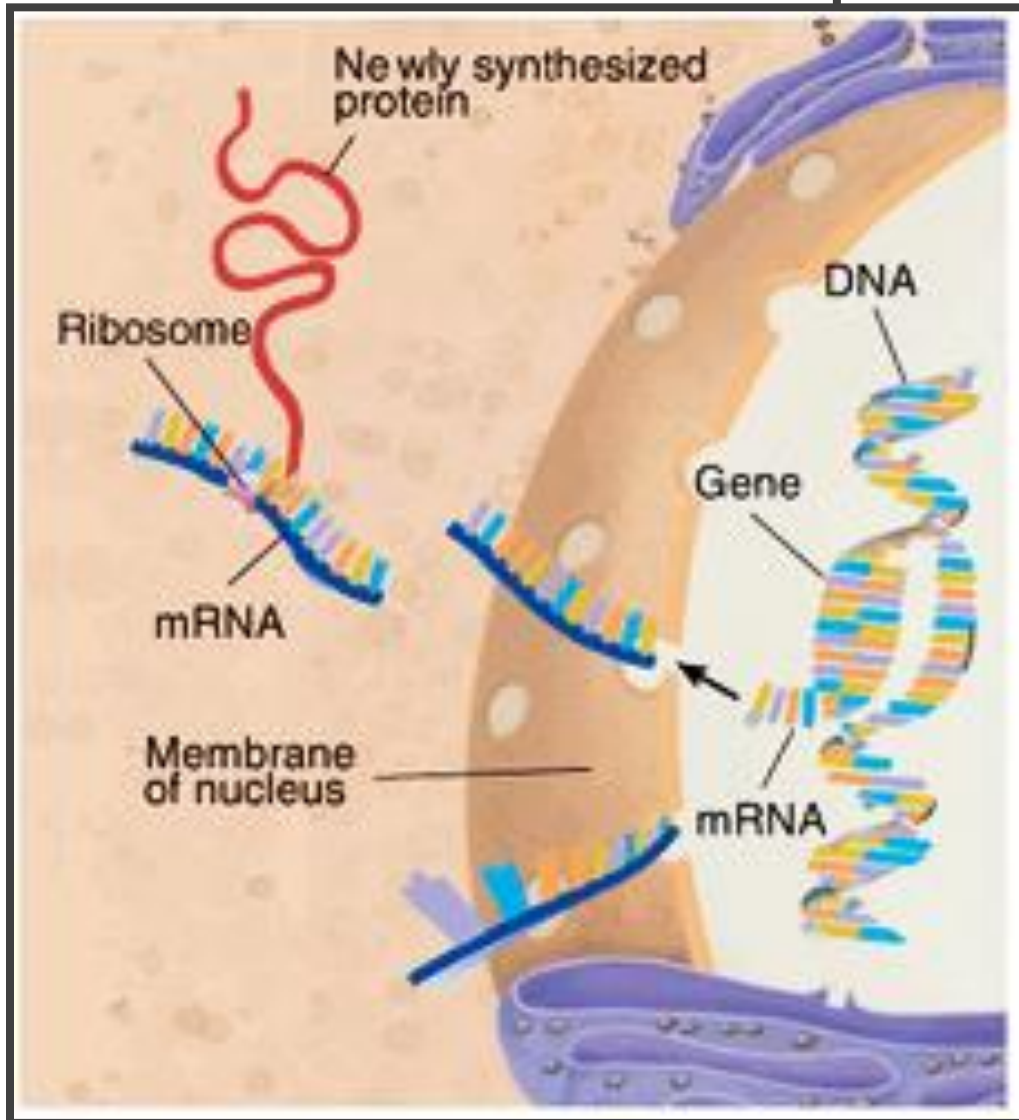
אברוני התא (organelles)

גרעין התא (nucleus)

- מבנה בתוך התא המוקף קרום פנימי.
- ה-DNA (Deoxyribonucleic acid) שמור בתוך גרעין התא
 - כרומוזום - נושא המידע התורשתי. מורכב מגדילים ארוכים של DNA. (בבני אדם 22 זוגות כרומוזומים + כרומוזומי מין)



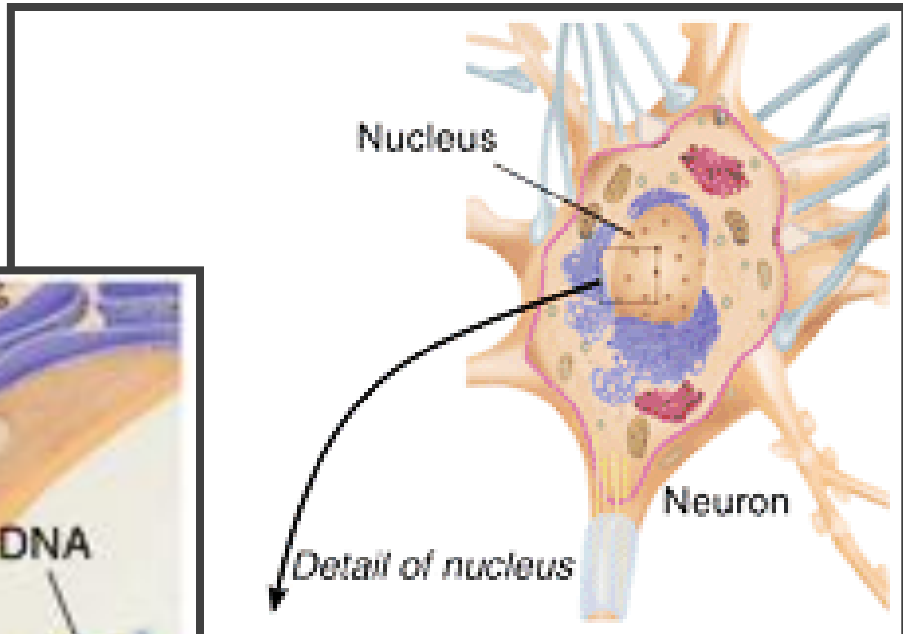
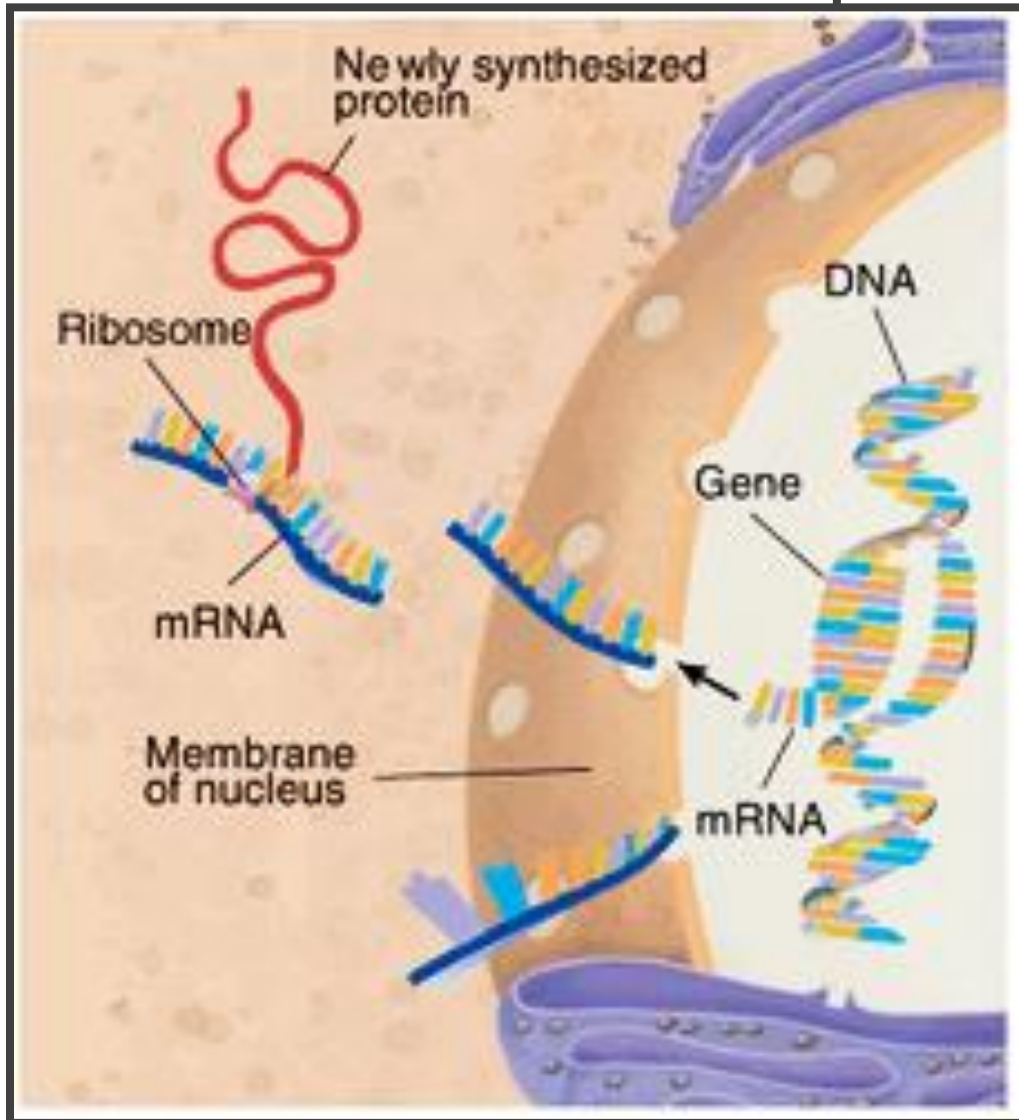
- גן – היחידה התפקודית הבסיסית של החומר התורשתי => קידוד חלבונים.
- חלבונים (משאבה, קולטן וכו') מתווכים ומווסתים תהליכים תפקודיים בתא ומעבר מידע בין תאים.

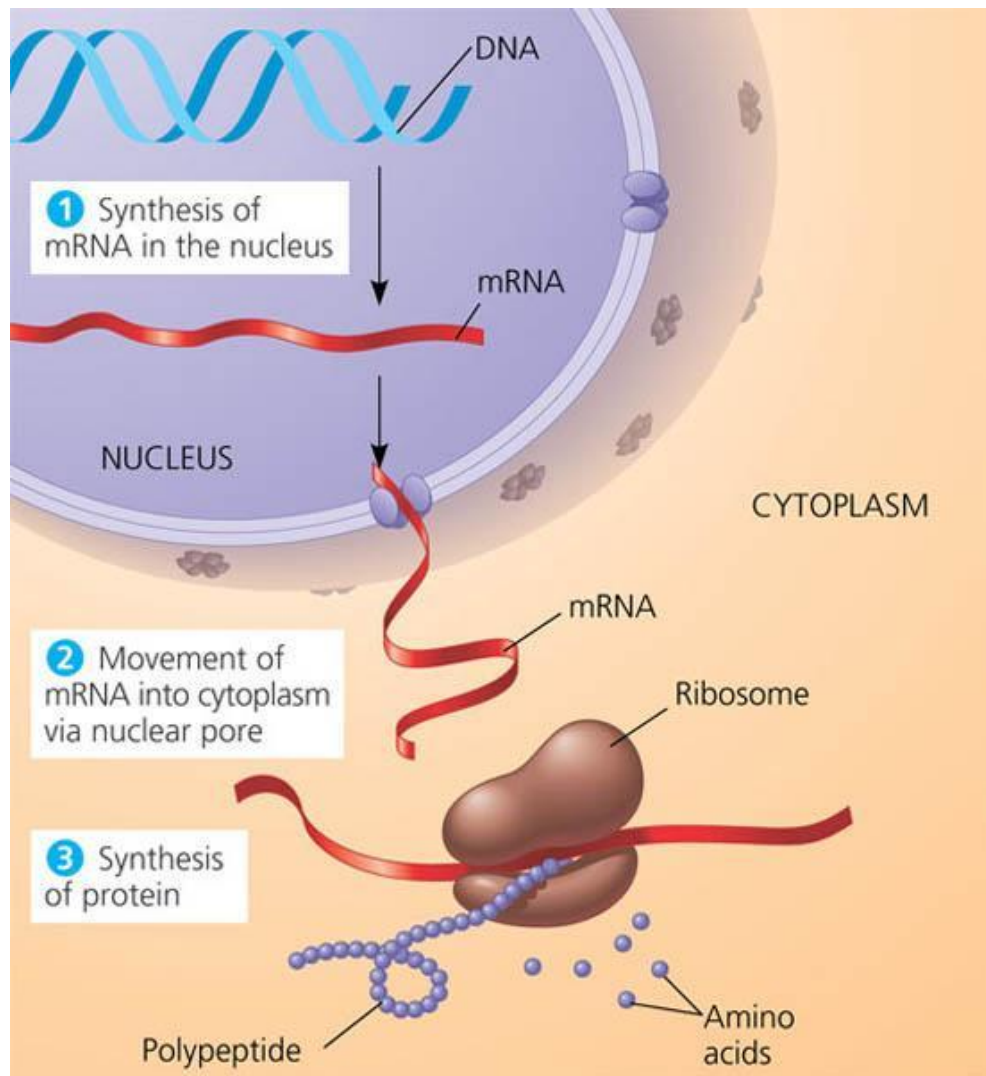


אברוני התא (organelles)

גרעין התא (nucleus)

- מבנה בתוך התא המוקף קרום פנימי.
- ה-DNA (Deoxyribonucleic acid) שמור בתוך גרעין התא
 - כרומוזום - נושא המידע התורשתי. מורכב מגדילים ארוכים של DNA.
 - גן – היחידה התפקודית הבסיסית של החומר התורשתי => קידוד חלבונים.
 - חלבונים (משאבה, קולטן וכו') מתווכים ומווסתים תהליכים תפקודיים בתא ומעבר מידע בין תאים.
 - RNA שליח (mRNA) – מידע גנטי על סינתזה של חלבון מסוים.
- מכיל את הגרעינון
 - מייצר ריבוזומים שאחראים על תרגום ה-mRNA לחלבון

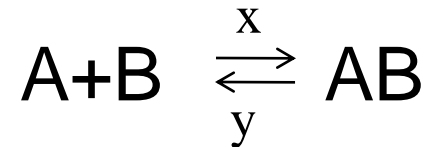




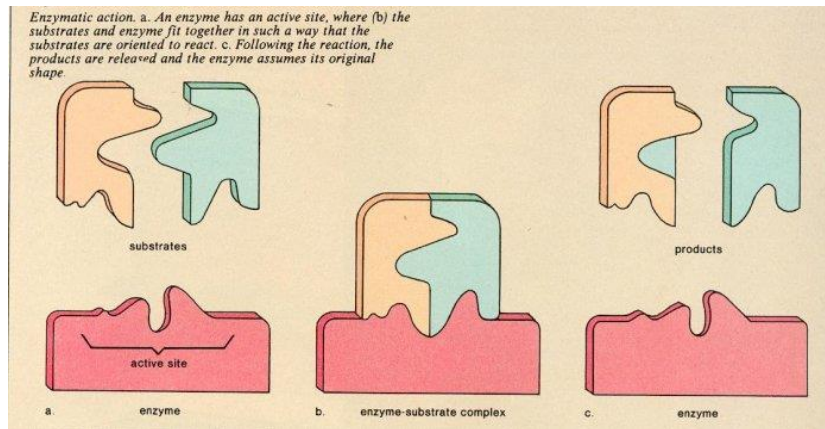
חלבון- **protein** מורכב משרשרת של חומצות אמינו **Amino acids**

שרשרת "קצרה" יחסית של חומצות אמינו מכונה **פפטיד peptide**. פפטידים משמשים כחומרים המעבירים מסר כימי בין תאים: נירוטרנסמיטרים והורמונים

חלבונים (=פרוטאינים) משמשים גם כאנזימים
אנזים-enzyme מזרז ריאקציות כימיות וכך מכוון את
 התהליכים בתא. גורם לראקציה להתרחש מבלי להשתתף
 בתוצר הסופי. מפרק/מרכיב מולקולות:

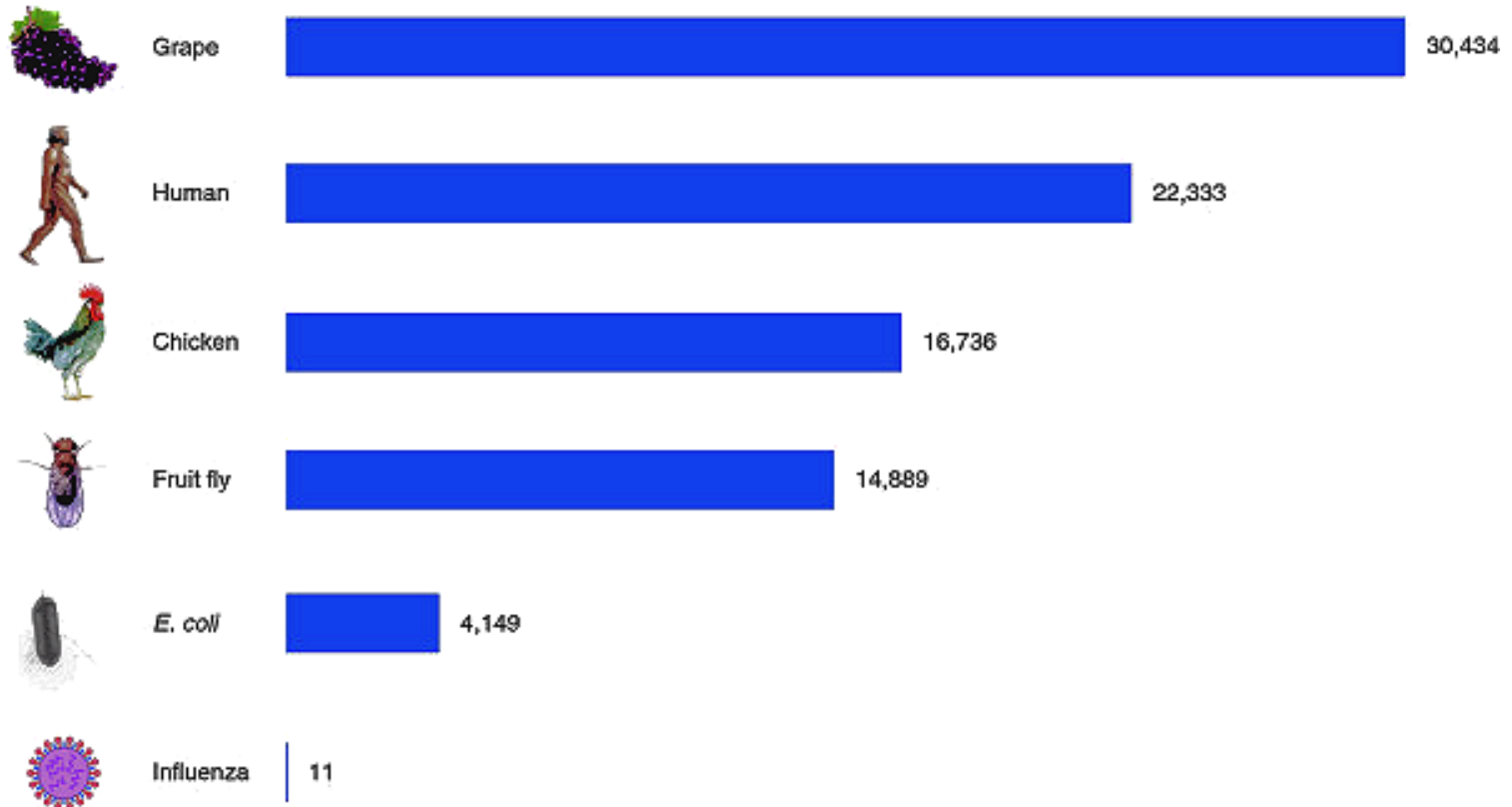


הריכוז היחסי של האנזימים (x,y) הוא שיקבע איזה הרכב חומרים
 יהיה בתא.



גרעין התא (nucleus)

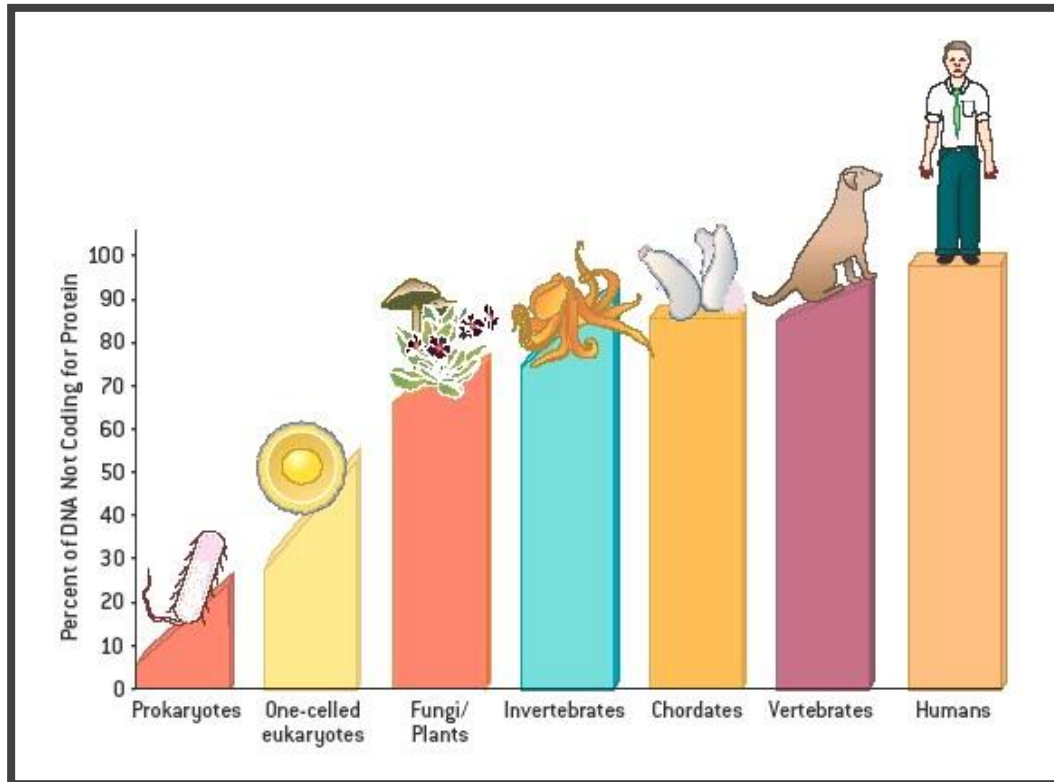
- רצף הגנום האנושי כבר ידוע
- בניגוד למצופה - מספר הגנים לא תואם את מורכבות היצור!



אברוני התא

גרעין התא (nucleus)

- DNA עודף – רצפים שאינם מקודדים ליצירת חלבונים. האם הוא לא חיוני?!
- כמות ה-DNA שאינו מקודד לחלבון נמצאת **ביחס ישר** עם מורכבות האורגניזם.
- ל-DNA הזה תפקידים רבים אחרים הקשורים בבקרה על קידוד חלבונים

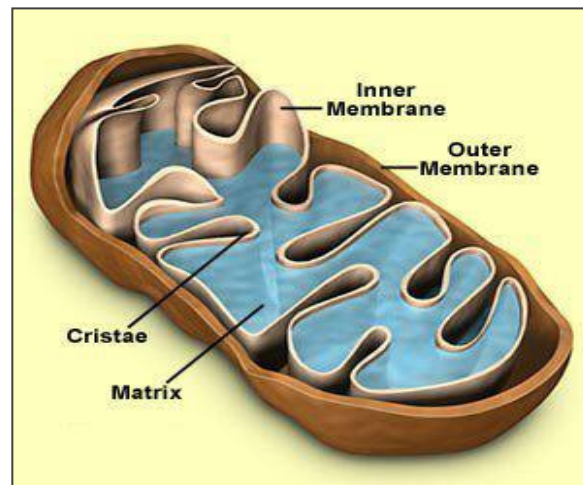
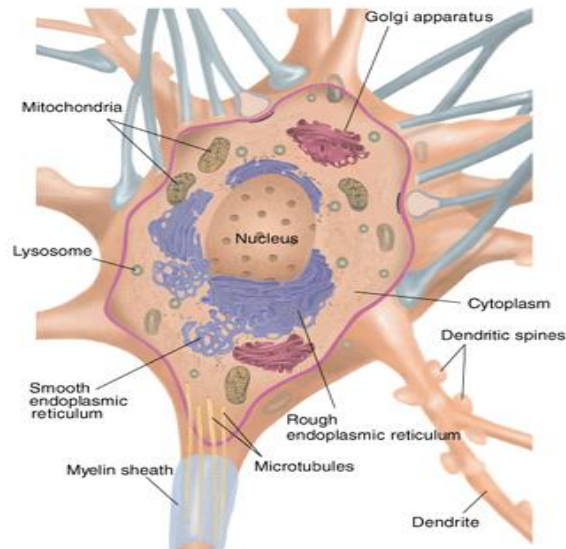


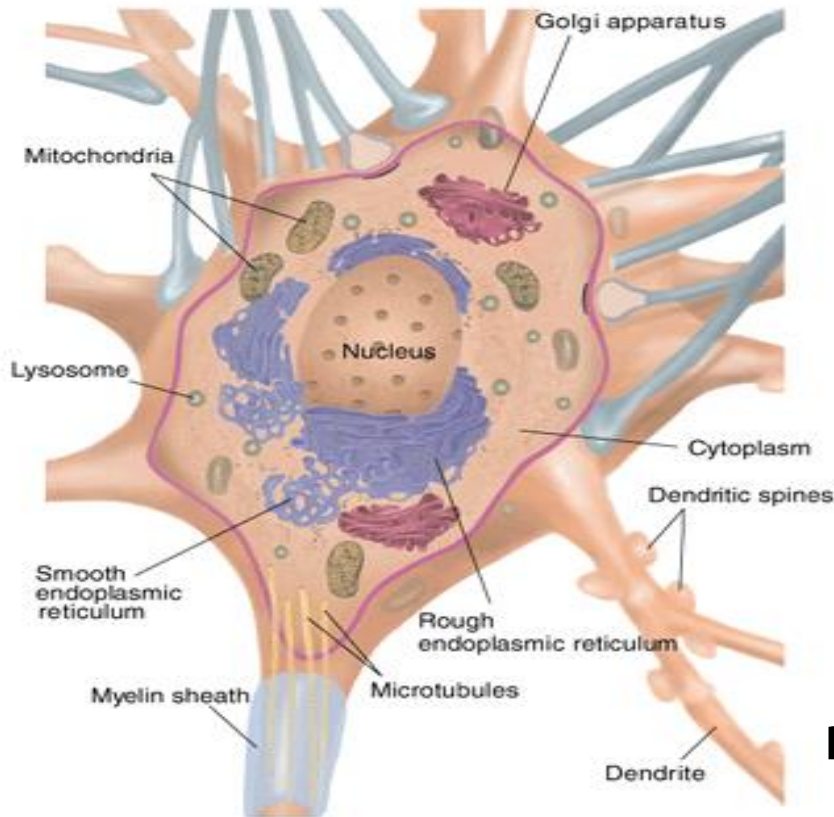
אברוני התא

מיטוכונדריה - mitochondria

- תהליכים כימיים על פי רוב דורשים השקעת אנרגיה.
- המיטוכונדריה הינה ספק האנרגיה של התא (מולקולות ATP), על בסיס המזון (סוכרים, שומנים, חלבונים) המתפרק בו.
- בהינתן סוכר, הוא יהווה את המקור הראשון להפקת אנרגיה. אחר כך שומנים ורק בהעדר שניהם חלבונים.
- המיטוכונדריה בנויה ממעין ממברנות מקופלות בצורת מדפים.

בתאים שצורכים יותר אנרגיה (לב, שריר, כליה) יש יותר מיטוכונדריה.





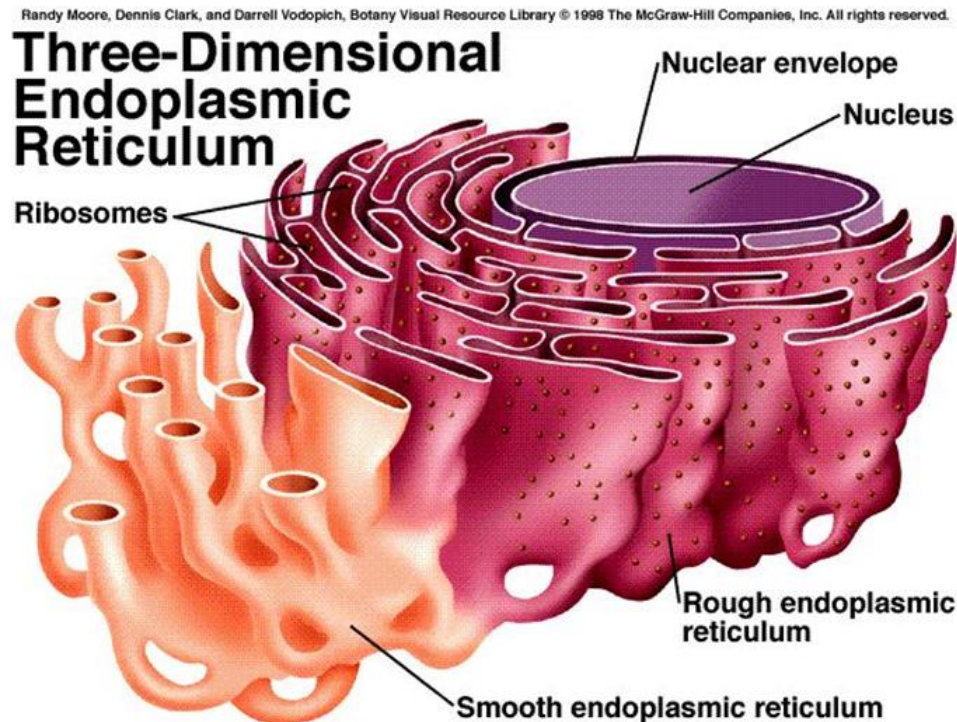
(ER) -Endoplasmic reticulum

- מערכת של מדורים שונים מוקפים בממברנות (קרומים)
- ב ER מספר אזורים עיקריים המובחנים בצורתם, מיקומם היחסי ותפקידם
- בתוך ה ER מיוצרות אבני הבנין של התא (החלבונים) על פי הקוד הגנטי המגיע מהגרעין, החלבונים הפשוטים עוברים שינויים מבניים לפי הצורך.
- בחלקים שונים של ה ER מתקיים גם ייצור של מולקולות שומניות.

Endoplasmic Reticulum (ER)

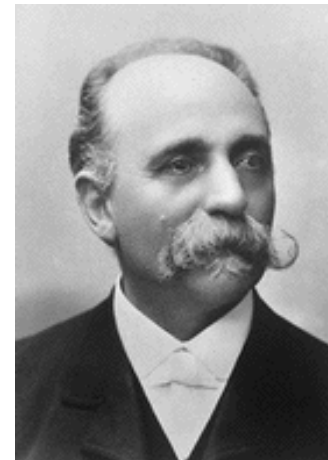
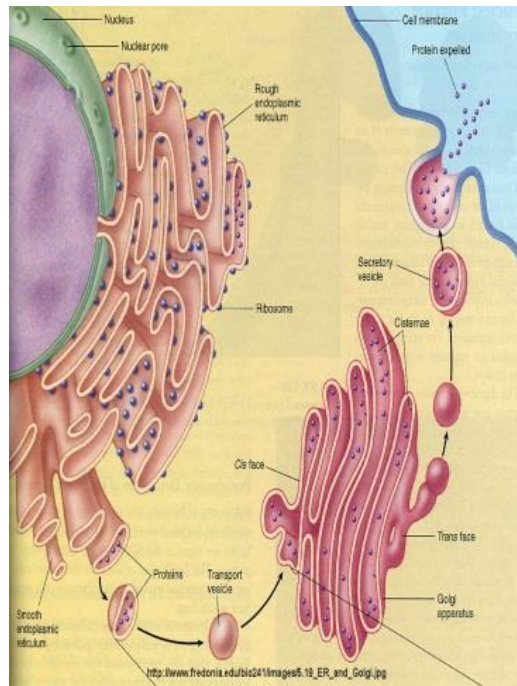
○ גס rough ER : מכיל ריבוזומים המייצרים חלבונים לשימוש בממברנת התא ומחוץ לתא (קיימים ריבוזומים חופשיים בציטופלסמה המייצרים חלבונים לשימוש בתוך התא).

○ עדין smooth ER : מטפל בהובלת חומרים בציטופלסמה. אתר היצור של מולקולות שומניות (ליפידים).

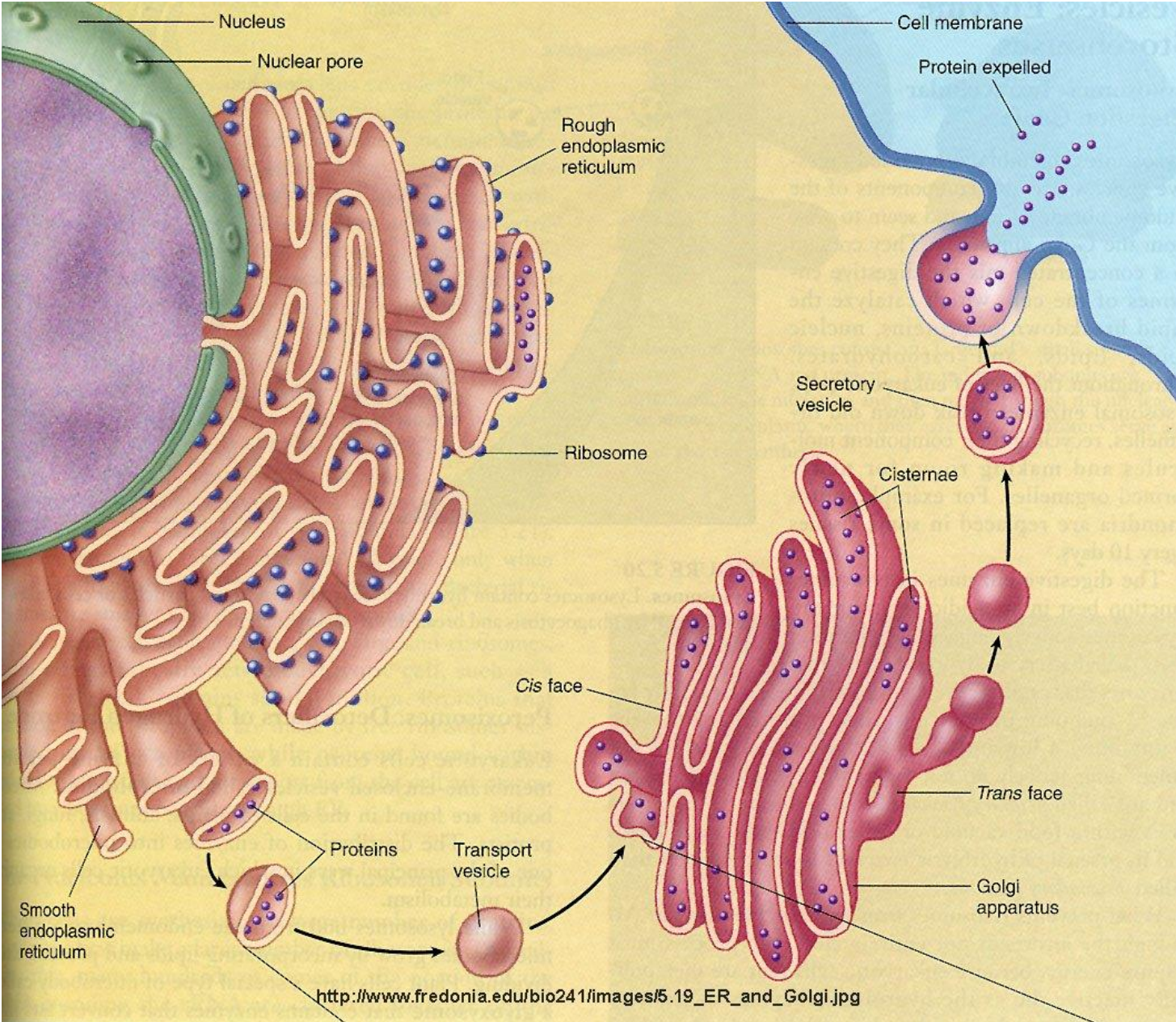


Golgi apparatus גולג'י

- צורה מיוחדת של smooth endoplasmic reticulum
- חלבונים שיוצאים מה ER המגורגר (גס) עוברים לגולג'י, שם עוברים עיבוד נוסף (למשל לחלבונים מורכבים יותר).
- אריזה של תוצרת תאית על ידי עטיפת המולקולות בקרום הגולג'י.
- ייצור שלפוחיות vesicles סינפטיות ומיחזור קרום השלפוחיות (הרחבה בהמשך הקורס)
- מייצר ליזוזומים – מכילים אנזימים ואחראים על פירוק תרכובות וסילוק גופים זרים

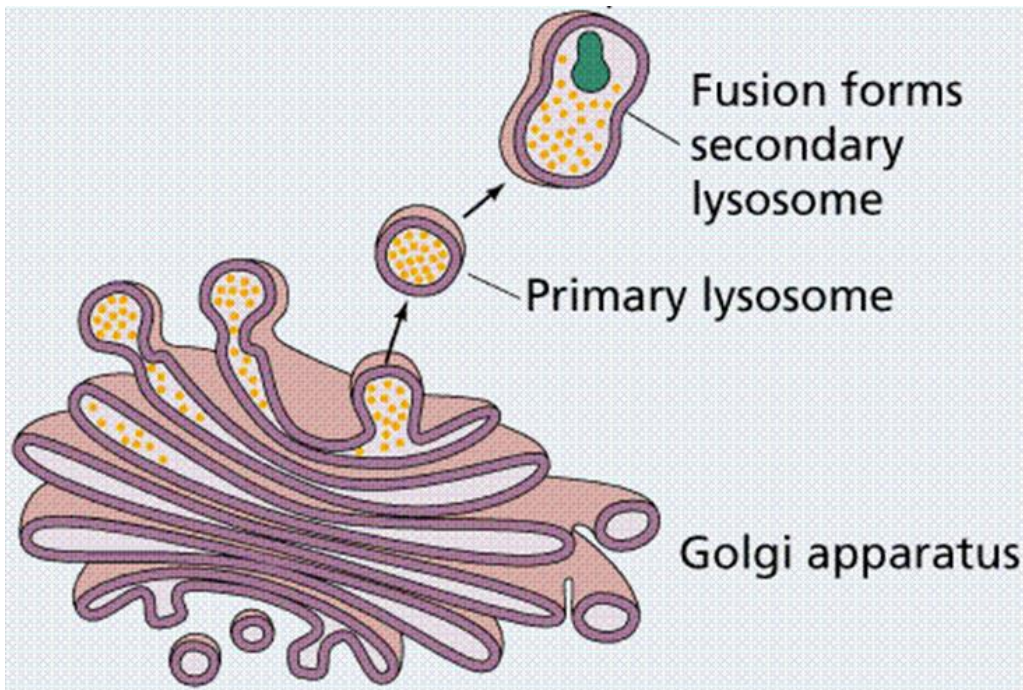


Camillo Golgi 1843-1926



ליזוזומים Lysosome

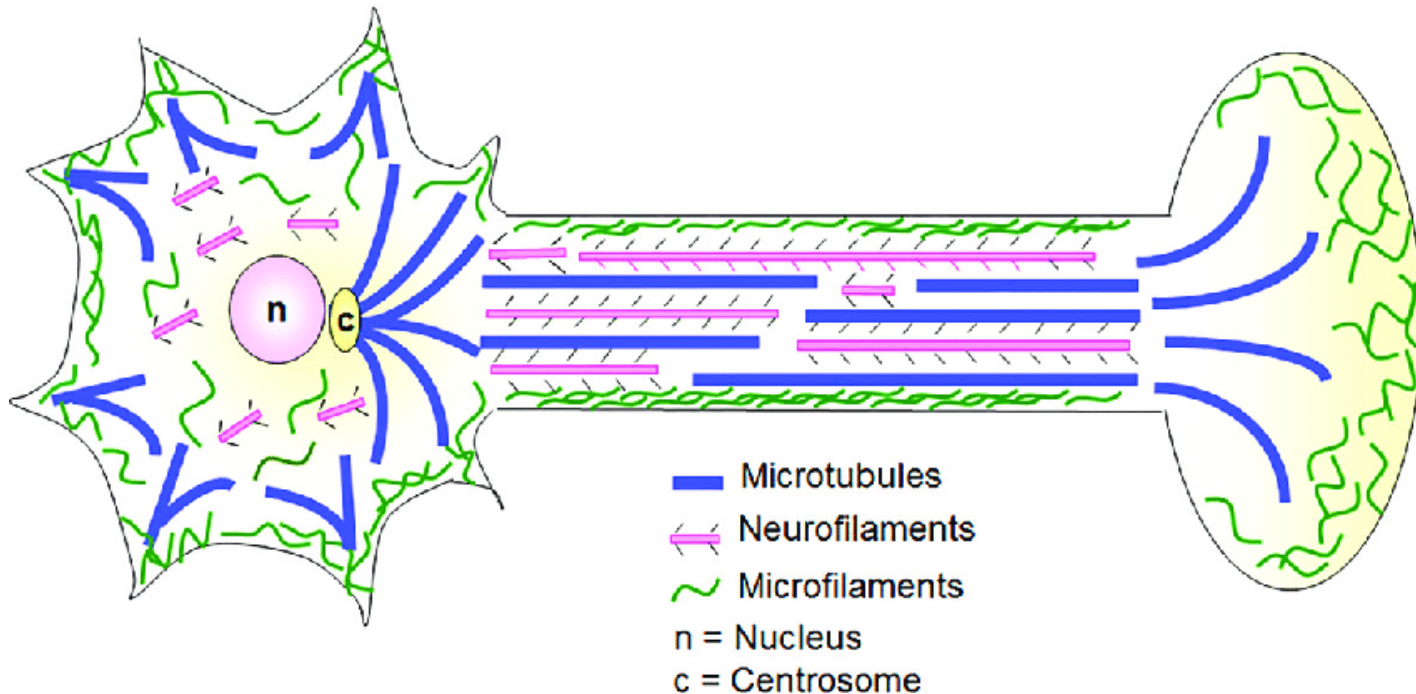
- איבר העיכול של התא, תפקידו בפירוק תרכובות וסילוק גופים זרים
- אברון מוקף ממברנה.
- מכיל אנזימים לפרוק חומרים מיותרים (פסולת).



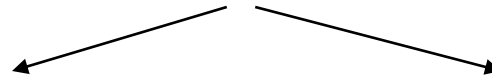
מחלת Tay Sachs
הנה מחלה תורשתית הקשורה
להצטברות סוג של חומר שומני עקב
מחסור באנזים מסוים בליזוזום

שלד התא (ציטוסקלטון)

- מספק תמיכה מכאנית לתא מורכב ממולקולות ארוכות ויציבות
- מספק לתא את צורתו המרחבית
- העברת חומרים מגוף התא לאורך האקסון
 - מיקרוטובולים (כחול באיור)
 - נוירופילמנטים (ורוד באיור)
 - מיקרופילמנטים (ירוק באיור)



הובלה תוך תאית cellular transport תובלה אקסופלסמית



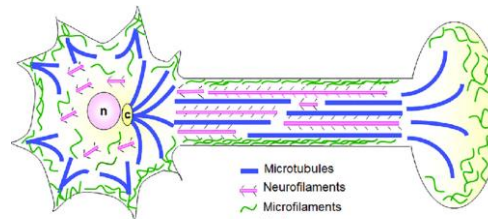
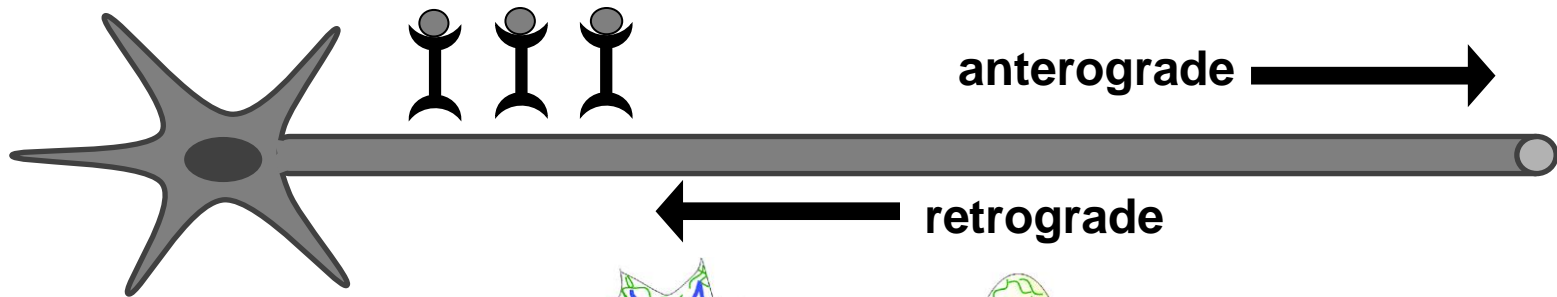
אחורנית retrograde

מה- terminal buttons אל
גוף התא - באמצעות מולק'
דנאין (dynein)

קדמונית anterograde

מגוף התא אל
ה-terminal buttons
באמצעות מולק' קינזין (kinesin)

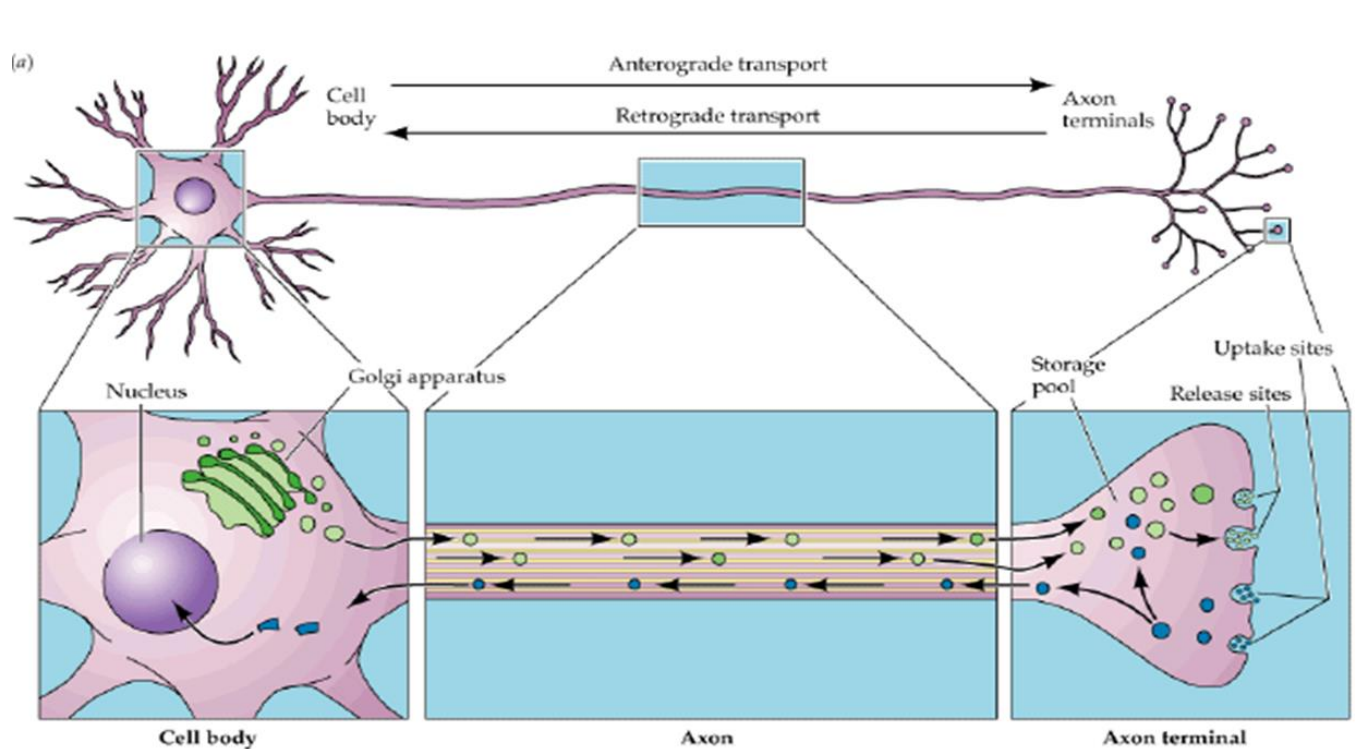
- שתיהן דורשות אנרגיה
- התובלה אחורנית איטית יותר מהקדמונית בצורה משמעותית (anterograde: 500 mm /day)
- כולכיצין הינו רעל הפוגע במיקרטובולי - פוגע בתובלה

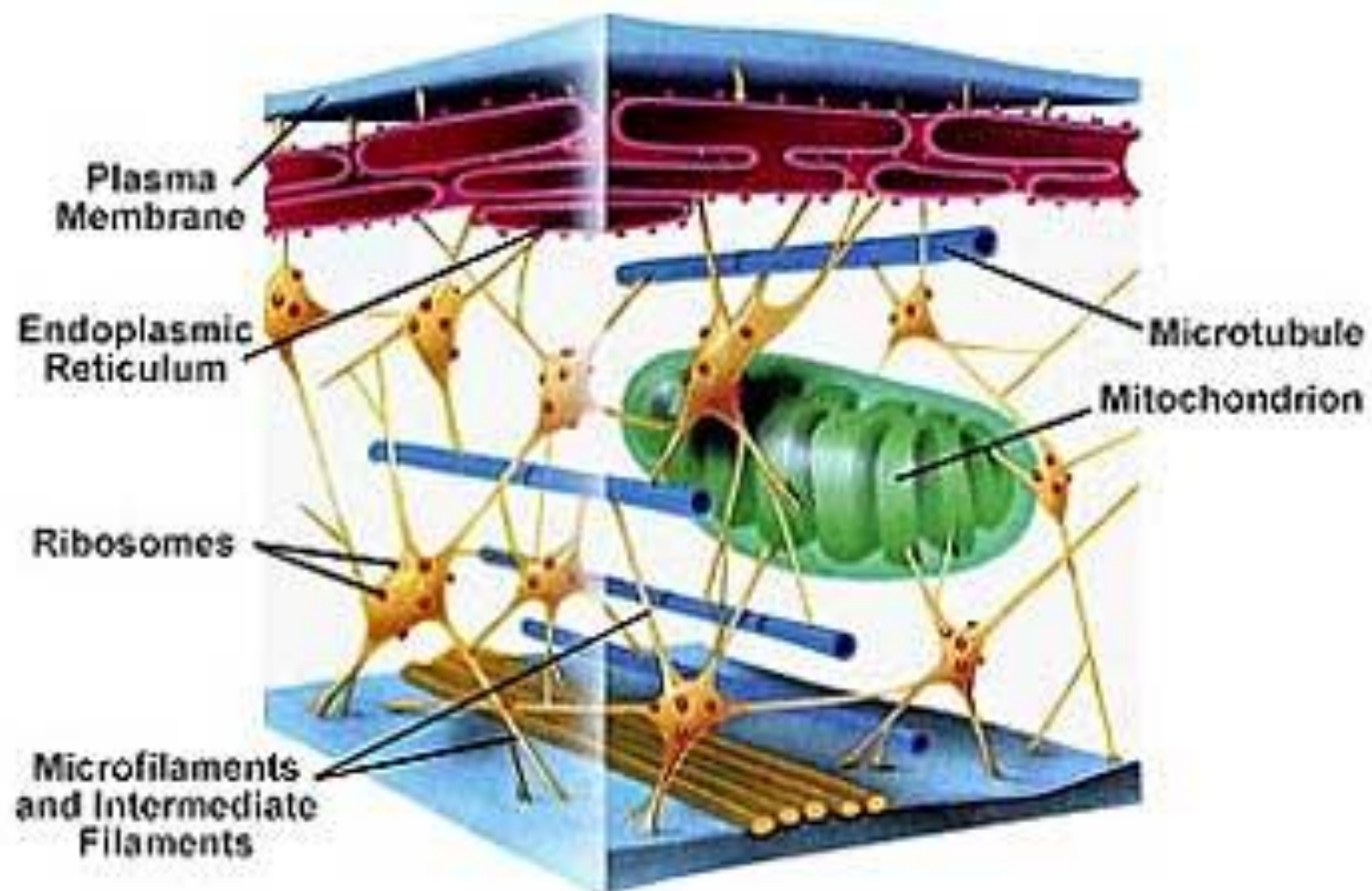


תובלה אקסופלסמית

אחורנית retrograde:
מה- terminal buttons אל
גוף התא - באמצעות מולק'
דנאין (dynein)

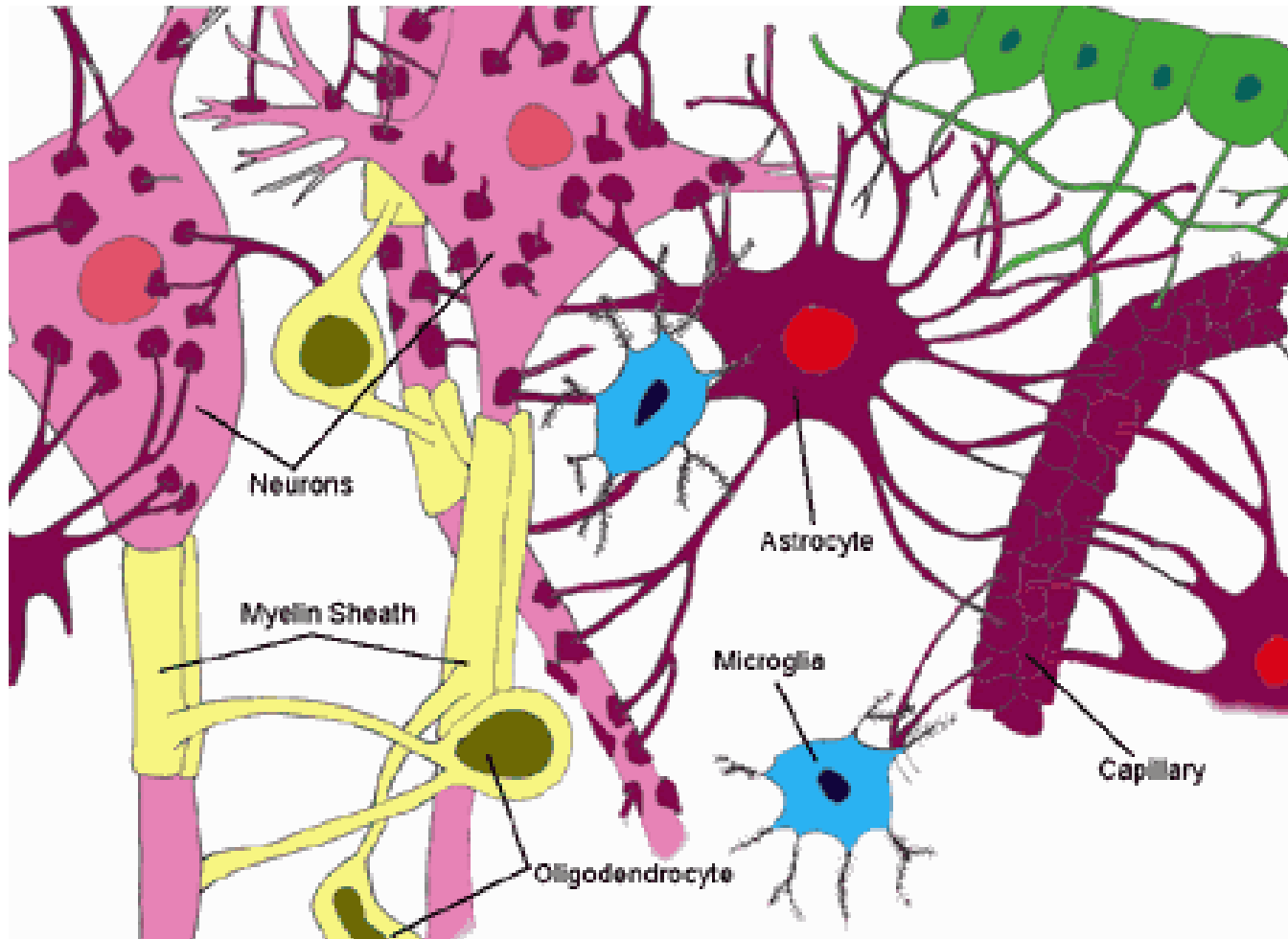
קדמונית anterograde
מגוף התא אל
ה-terminal buttons
באמצעות מולק' קינזין (kinesin)

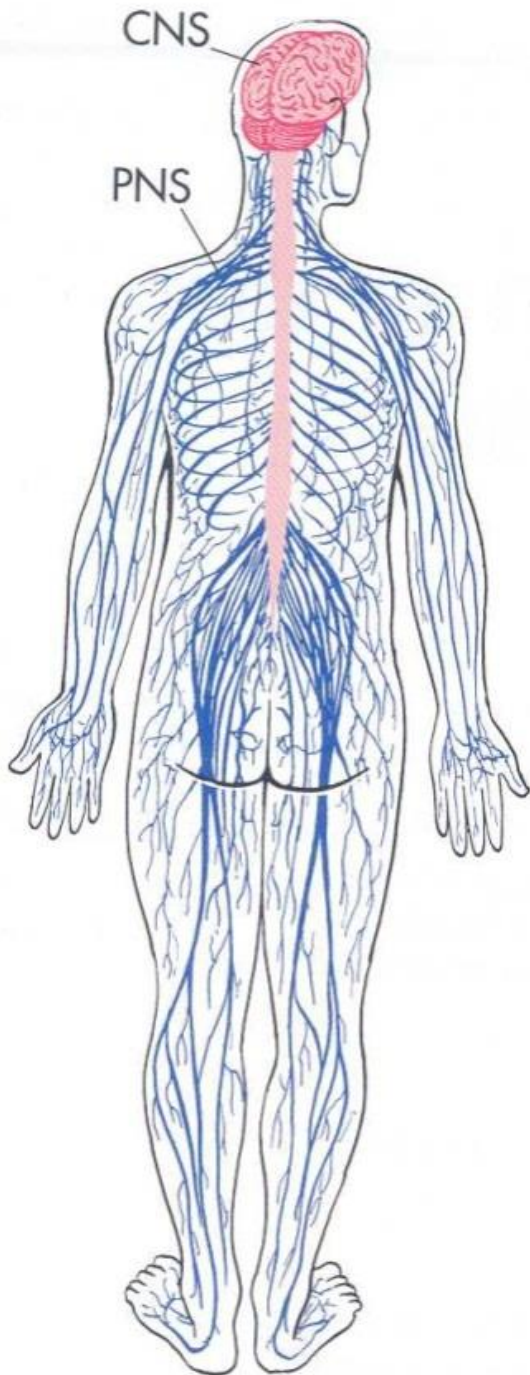




מבנה מערכת העצבים תאים במערכת העצבים:

- נוירונים
- גליה (glia)





מבנה מערכת העצבים

מערכת העצבים המרכזית (CNS):

מוח

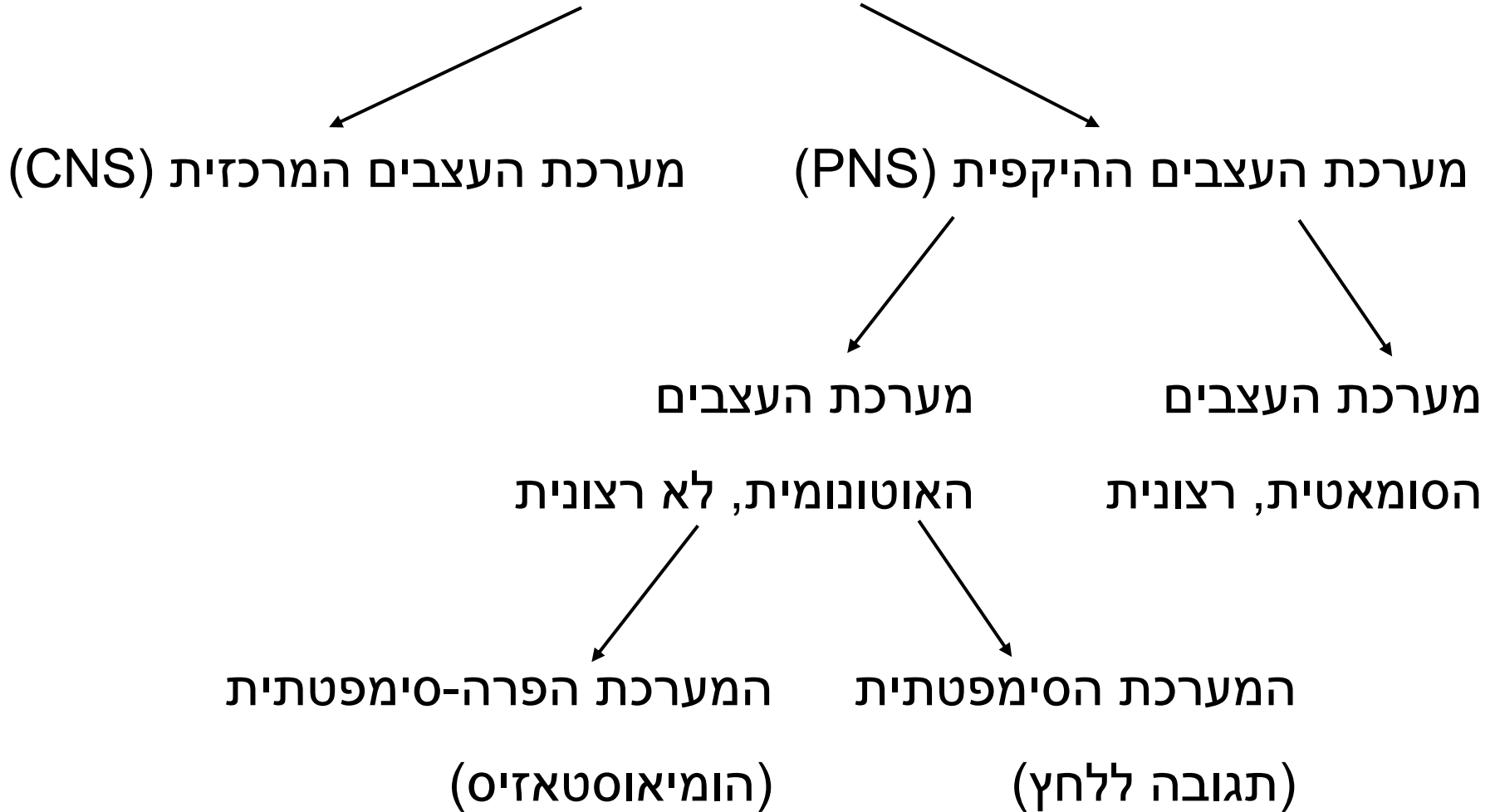
חוט שדרה

מערכת העצבים ההיקפית (PNS):

עצבים מחוץ לעצמות הגולגולת ועמוד השדרה

רוב אברי החישה

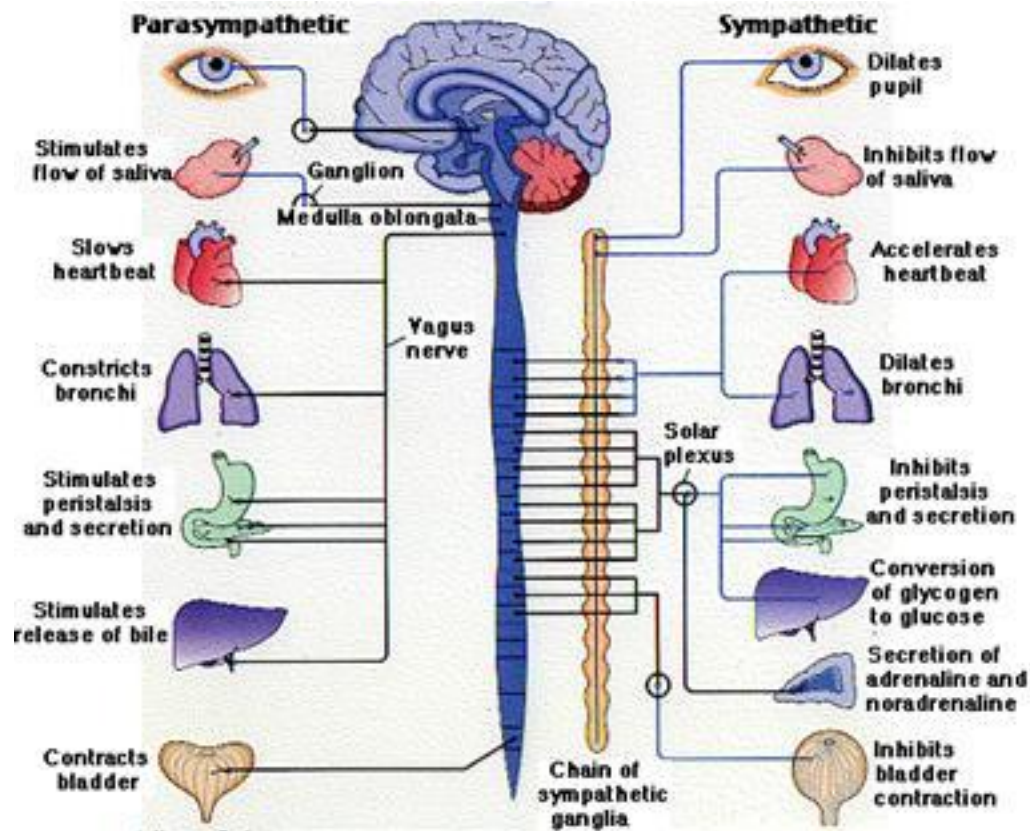
מערכת העצבים



חלוקת תאי עצב על פי מיקומם

מערכת העצבים האוטונומית (שרירים לא רצוניים)

Autonomic nervous system ANS



פּרֶה-סִימְפַתִּית

Parasympathetic

אגירת אנרגיה

סִימְפַתִּית

Sympathetic

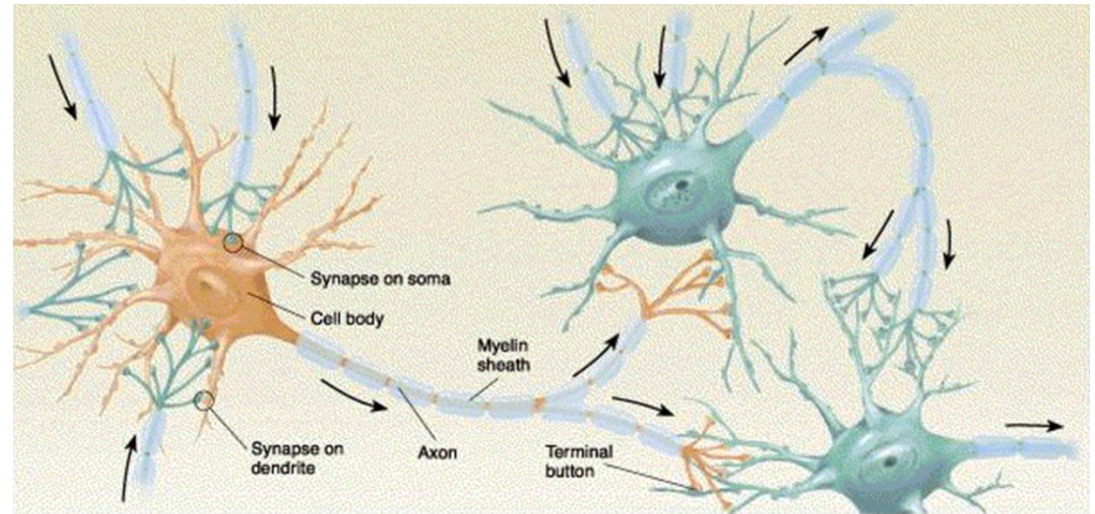
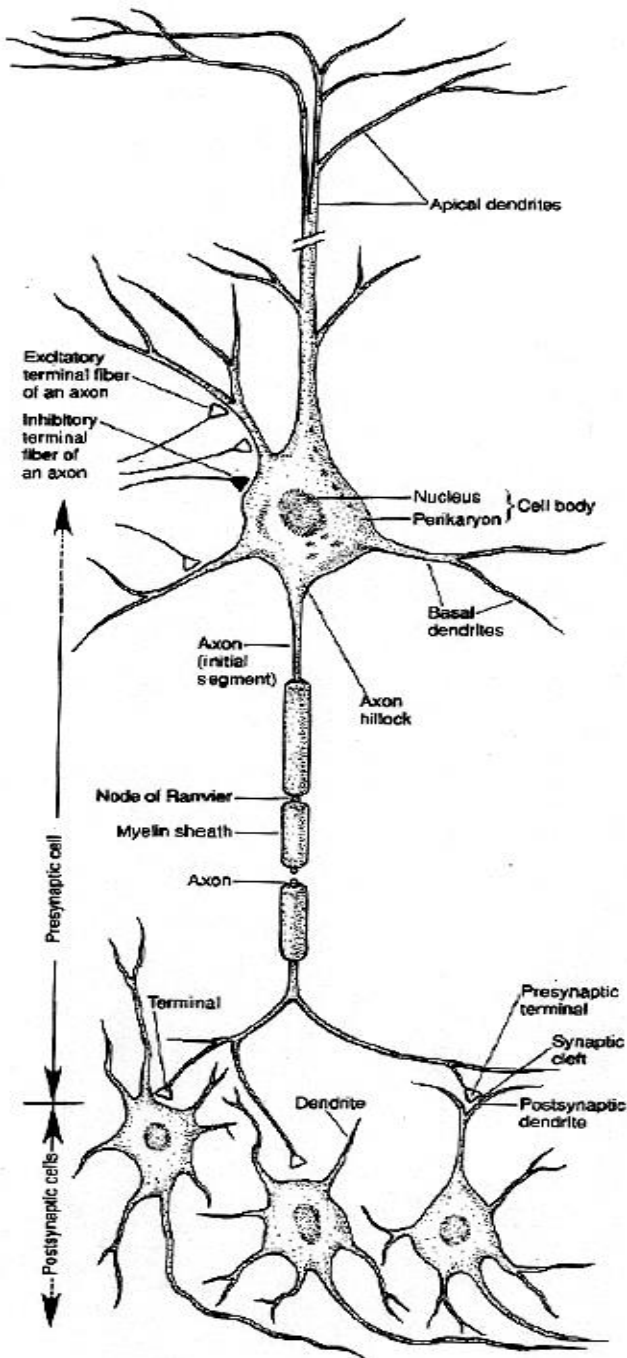
הפקת אנרגיה

תא עצב – נוירון Neuron

היחידה הבסיסית של מערכת העצבים

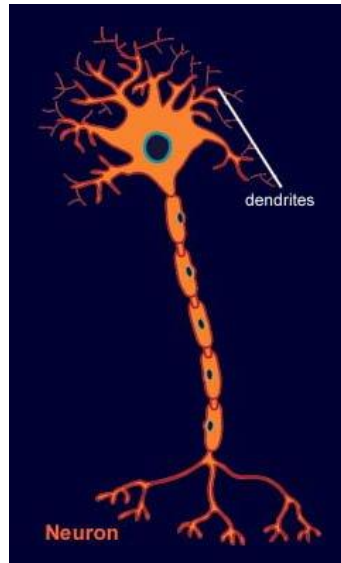
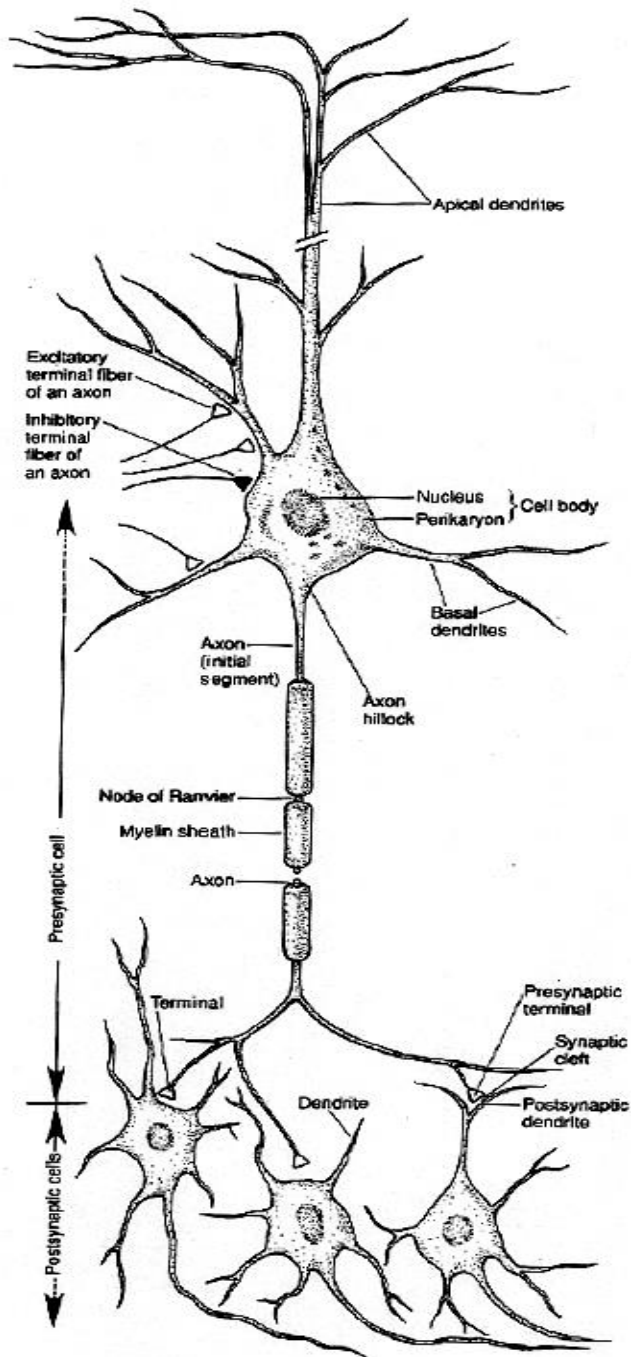
מבנה הנוירון:

- גוף התא soma
- דנדריט dendrite
- אקסון axon



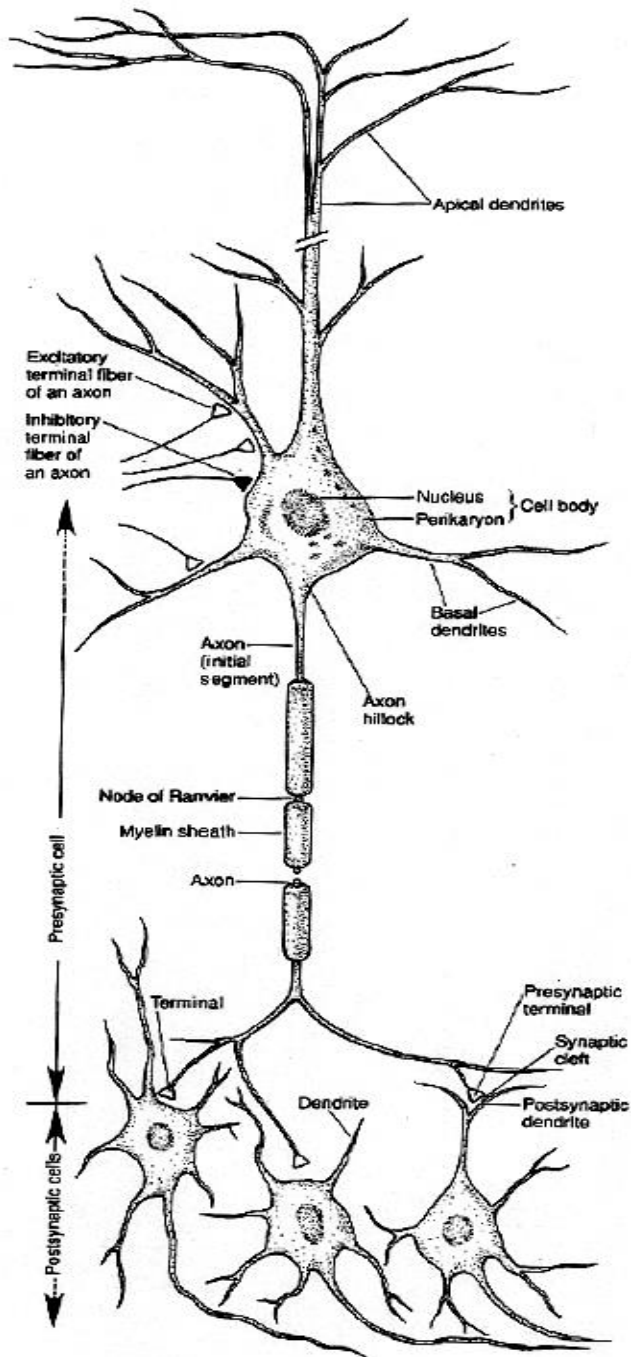
דנדריט Dendrite

- מקור השם מיוונית – עץ
- קולט מידע מתאים שכנים ומעביר אותו
- דרך גוף התא לאקסון
- הרבה דנדריטים – איחוד מידע

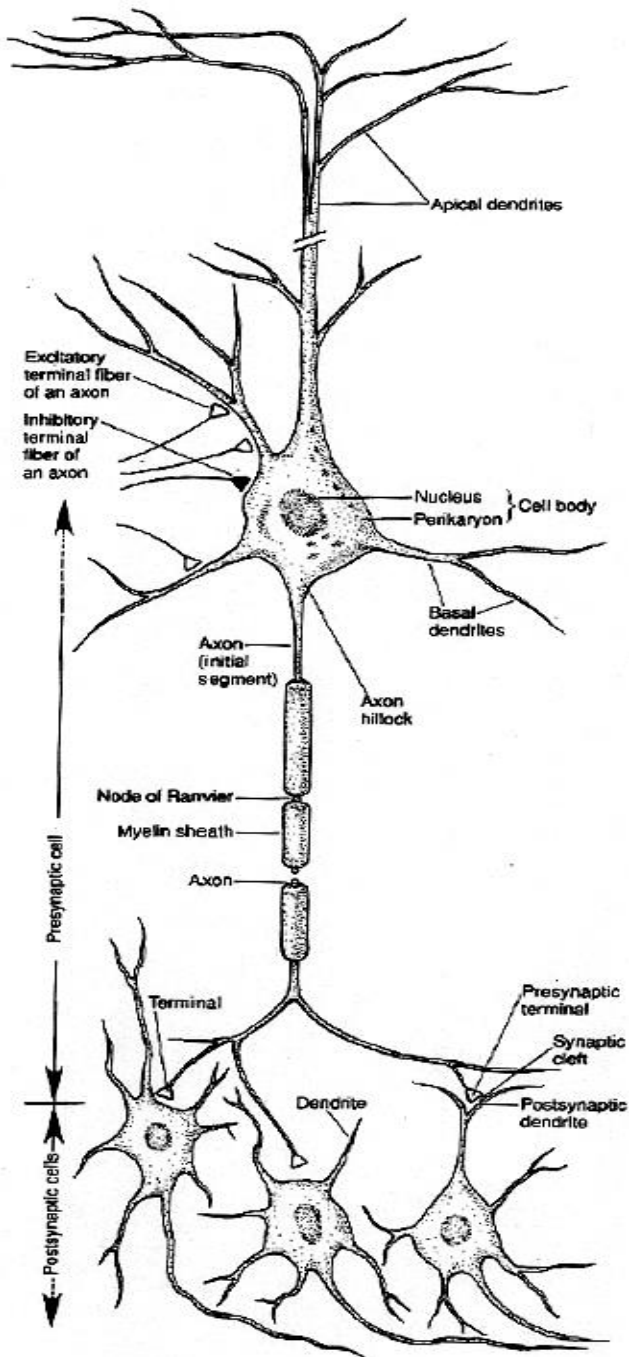


אקסון Axon

- בעל מאפיינים של כבל חשמלי
- מחובר לגוף התא ב- axon hillock
- מעביר מידע לאורך התא
- גודלו תלוי בפונקציונליות שלו ובמרחק
- עטוף במיאלין



טרמינלים – terminal buttons



- התפצלויות בקצה האקסון
- שלפוחיות (vesicles) המכילות חומר כימי (נוירוטרנסמיטר)
- מעבירים מידע לתא הבא

סינפסה Synapse

• צומת בין terminal button של נוירון אחד לממברנה של נוירון אחר

• תקשורת בין תאית – העברה כימית

• נוזל חוץ תאי בין התאים

• התא שמעביר מידע – תא

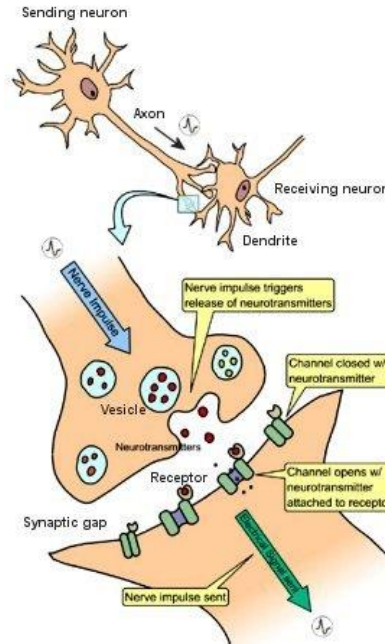
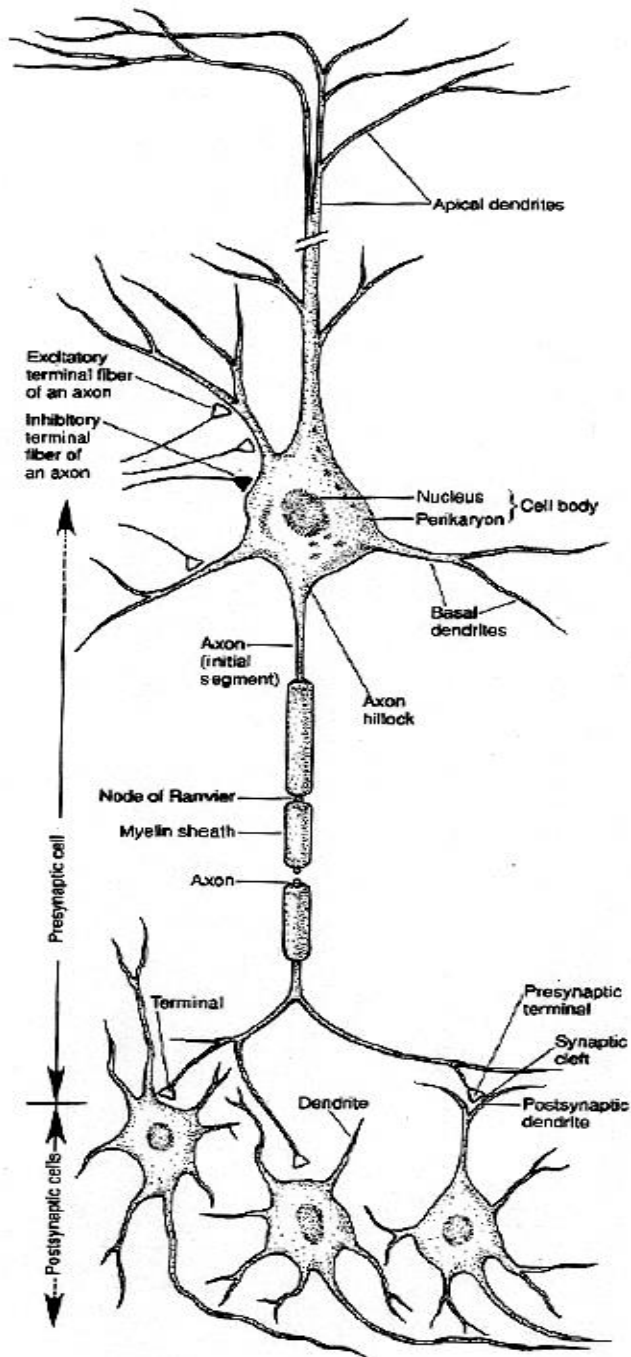
פּרה-סינפטי

(pre-synaptic cell)

• התא שמקבל את המידע – תא

פּוסט-סינפטי

(post-synaptic cell)



על נוירון אחד עשויות להיווצר מאות ואף אלפי סינפסות.



MouseLight

hhmi

janelia

Research Campus

תא עצב - נוירון

סוגי נוירונים – חלוקה על בסיס תפקוד:

נוירונים סנסוריים ("מביאים", *afferent neurons):
קולטים מידע מהסביבה החיצונית או הפנימית (אור, ריח, מגע)

נוירונים מוטוריים ("מוציאים", *efferent neurons):
מוציאים מידע ושולטים על התכווצות שריר או הפרשה מבלוטה.

אינטרנוירונים

אינטרנוירונים מקומיים- מעגלים עצביים עם נוירונים סמוכים
דוגמא: מקשרים בין נוירונים סנסוריים למוטוריים.

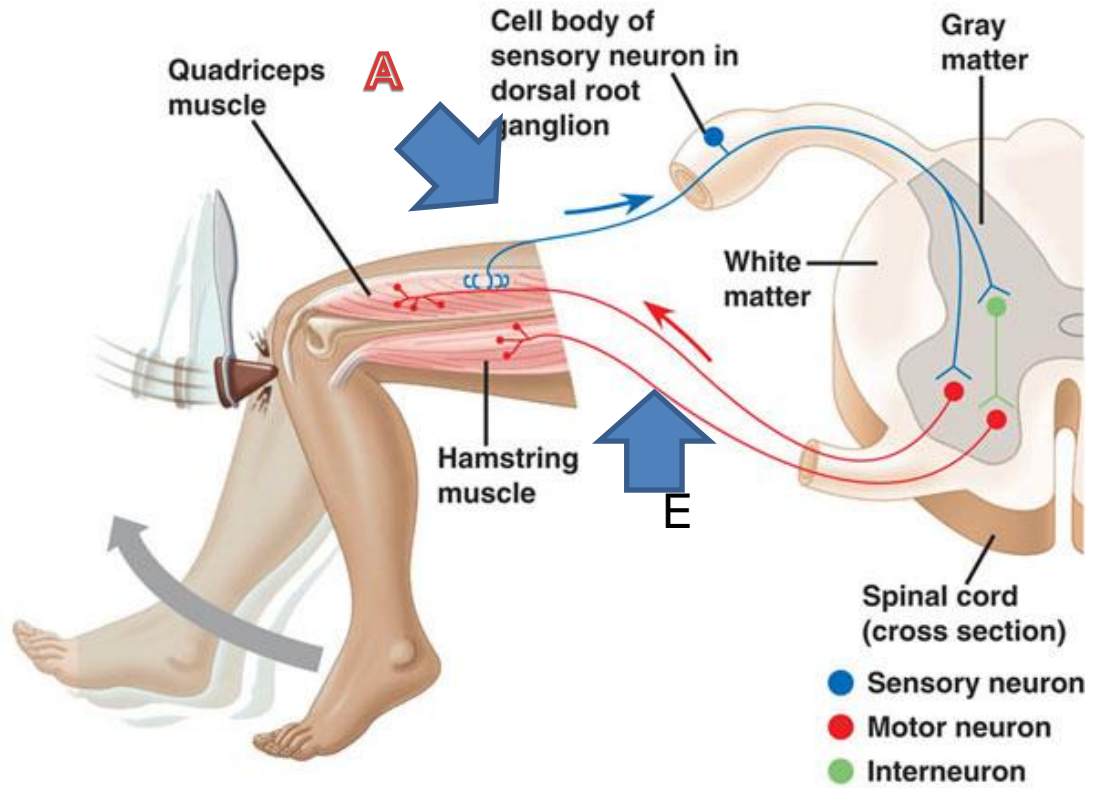
*מושגים יחסיים:

afferent – אל המוח

efferent – מהמוח



Descartes



AFFERENT מעביר מידע אל מבנה מסוים

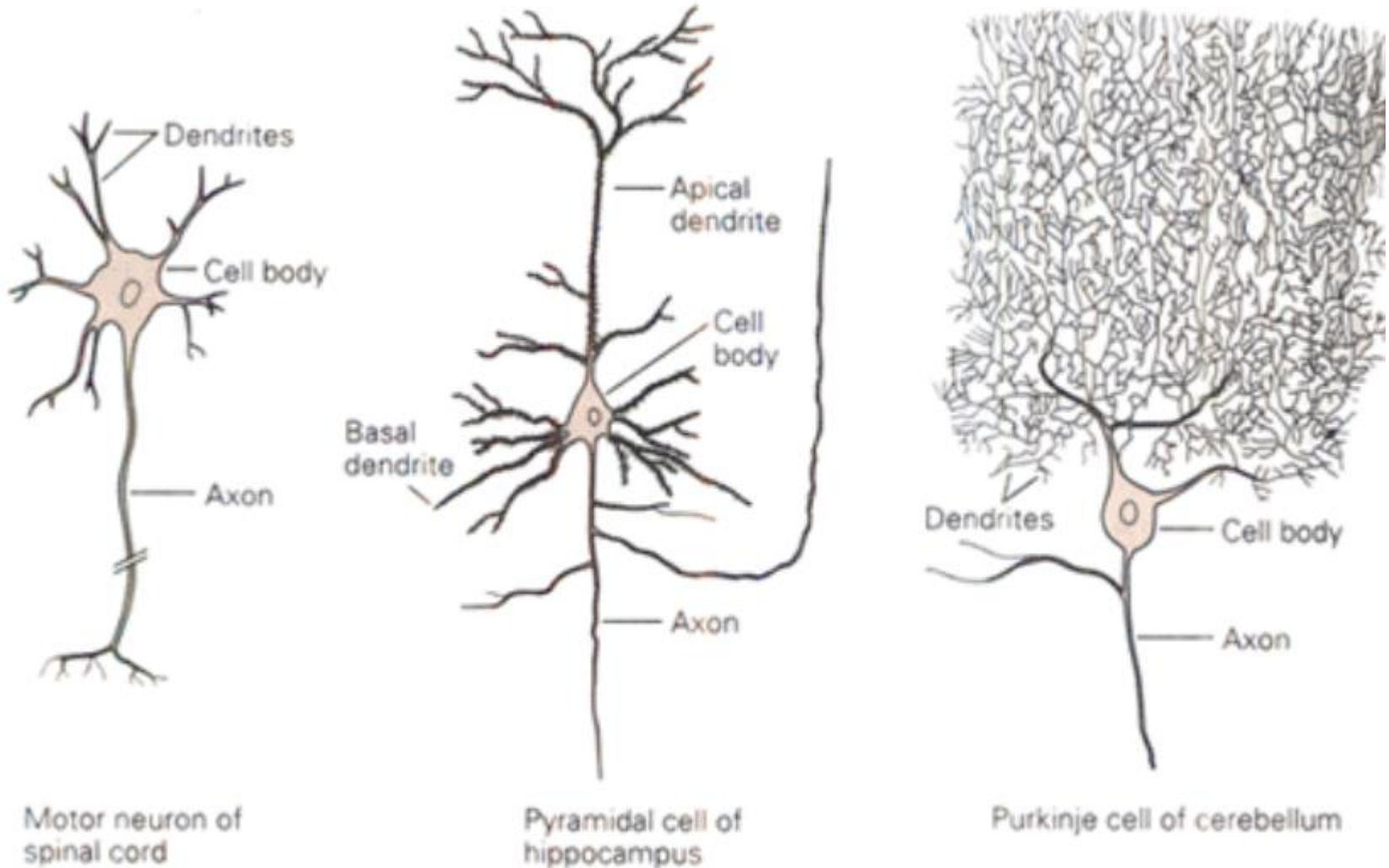
EFFERENT מעביר מידע ממבנה מסוים.

יש גם נוירונים מתווכים: אינטר-נוירונים interneuron

סוגי נוירונים – חלוקה על בסיס מבנה: (מבנה השלוחות היוצאות מגוף התא)

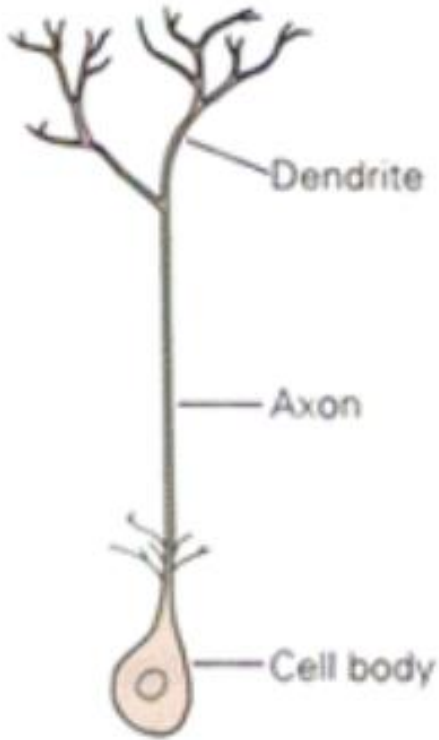
D Three types of multipolar cells

נוירון רב-קוטבי השכיח ביותר



סוגי נוירונים – חלוקה על בסיס מבנה: (מבנה השלוחות היוצאות מגוף התא)

A Unipolar cell

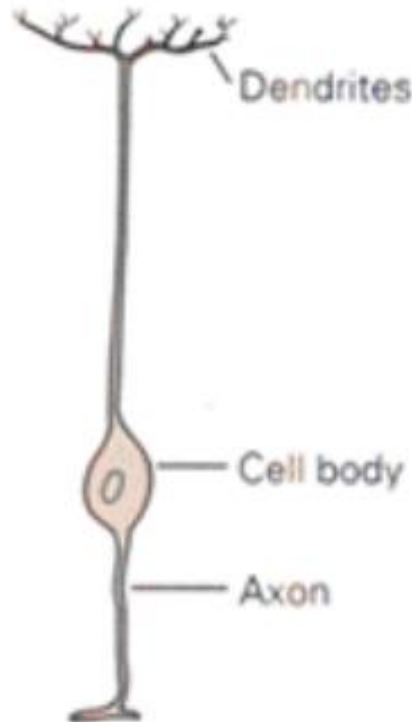


Invertebrate neuron

נוירון חד-

קוטבי בחסרי חוליות

B Bipolar cell

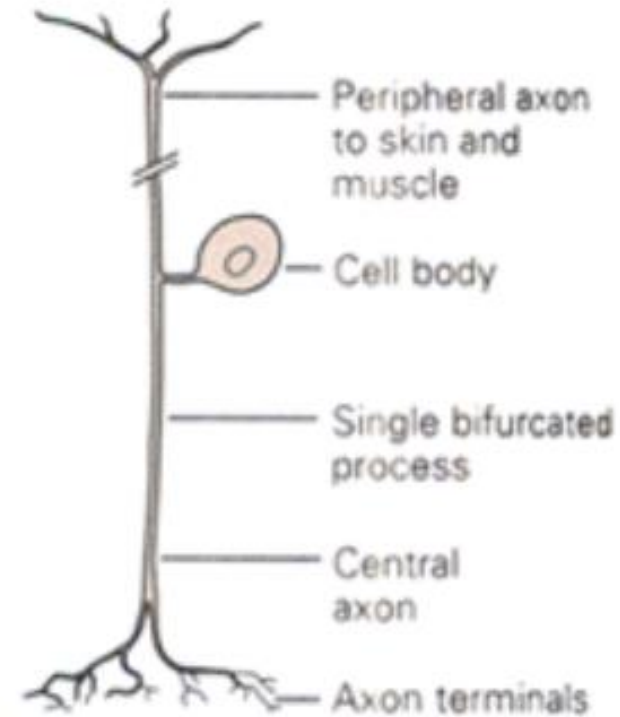


Bipolar cell of retina

נוירון דו-

קוטבי מערכות חוש (ראייה שמיעה)

C Pseudo-unipolar cell



Ganglion cell of dorsal root

נוירון פסיאדו חד-קוטבי

Pseudounipolar מערכת סומטו-סנסורית (מגע, כאב)

חלוקת תאי עצב על פי צורה - מבנה ותפקוד

Neuronal cell-type classification

a Morphology

HTR3A⁺
Sparse neurogliaform cell



VIP⁺
Bipolar cell



SST⁺
Deep Martinotti cell



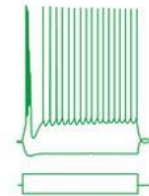
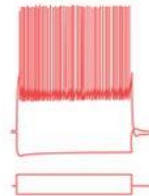
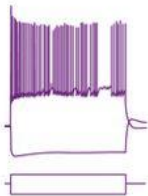
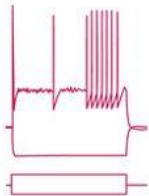
PVALB⁺
Basket cell



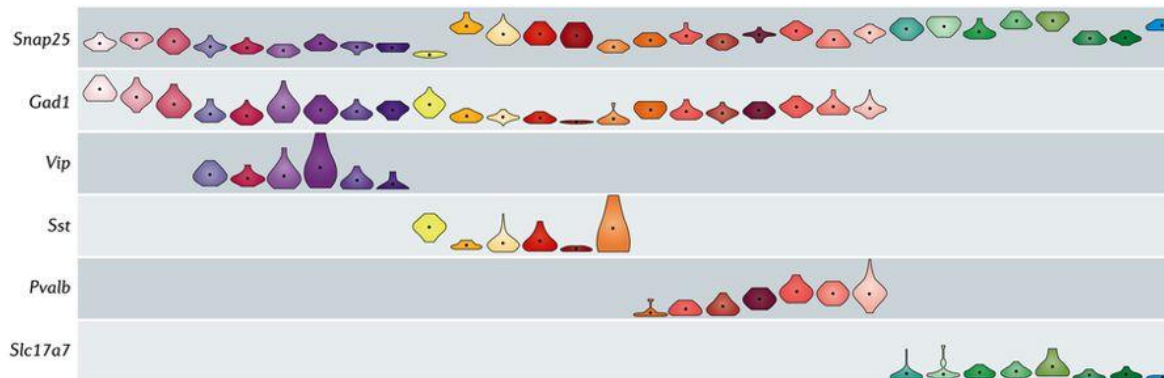
RBP4⁺
Thick-tufted cell



b Physiology



c Molecular signature



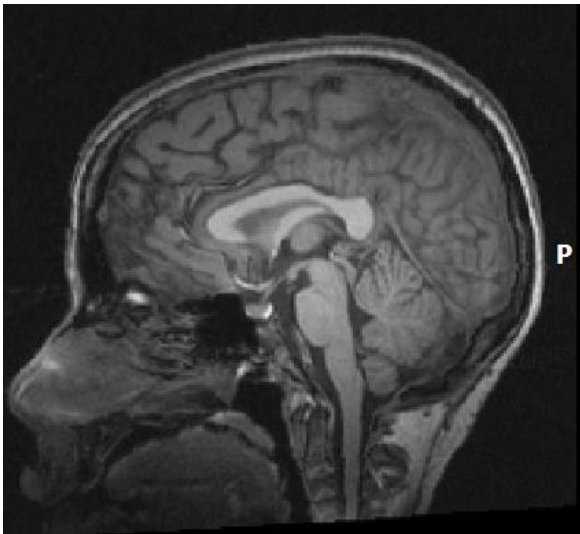
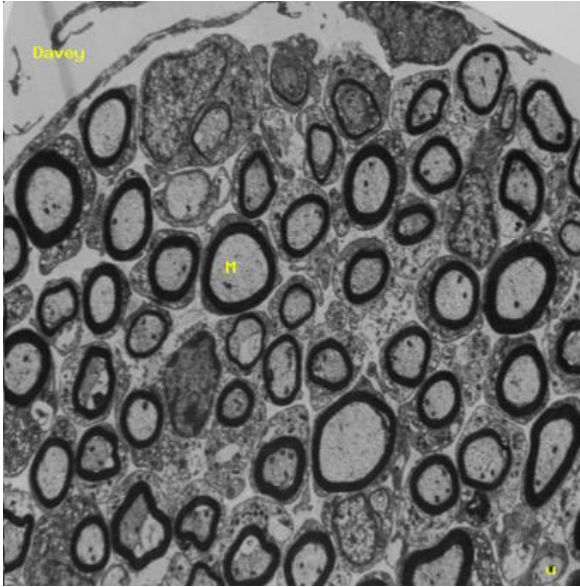
ככל שמשתפרים
כלי המדידה מספר
הקטגוריות של תאי
העצב עולה.

אתגר!!

חלוקת תאי עצב יכולה להתבצע על סמך מאפיינים רבים

- מיקום
- תפקיד
- מבנה
- נוירותרנסמיטר (מתווך כימי)

מושגים כלליים



- סיבי עצב – קבוצת תאי עצב (נוירונים) המחוברים על ידי רקמה.
- חומר אפור – גופי התאים
- חומר לבן - אקסונים
- קבוצה של תאי עצב ב- CNS נקראת גרעין
- קבוצה של תאי עצב ב- PNS נקראת גנגליון.

תאי גליה (glial cells)

- מספרם רב יותר ממספר הנוירונים
- מהווים 50% מנפח המוח
- יכולים להתרבות – גידולי מוח הם לרוב של תאי גליה

תפקידים:

- ייצוב הסביבה הכימית והאנרגטית ואספקת מזון לנוירונים
- סילוק פסולת – פגוציטוזה
- תמיכה מבנית ומכאנית בנוירונים
- בידוד כימי-חשמלי ויצירת מיאלין
- יצירת נוירומודולטורים
- חשובים במצבי טראומה וחבלה
- מעורבים בשמירה על מחסום דם-מוח

מספר סוגים של תאי גליה

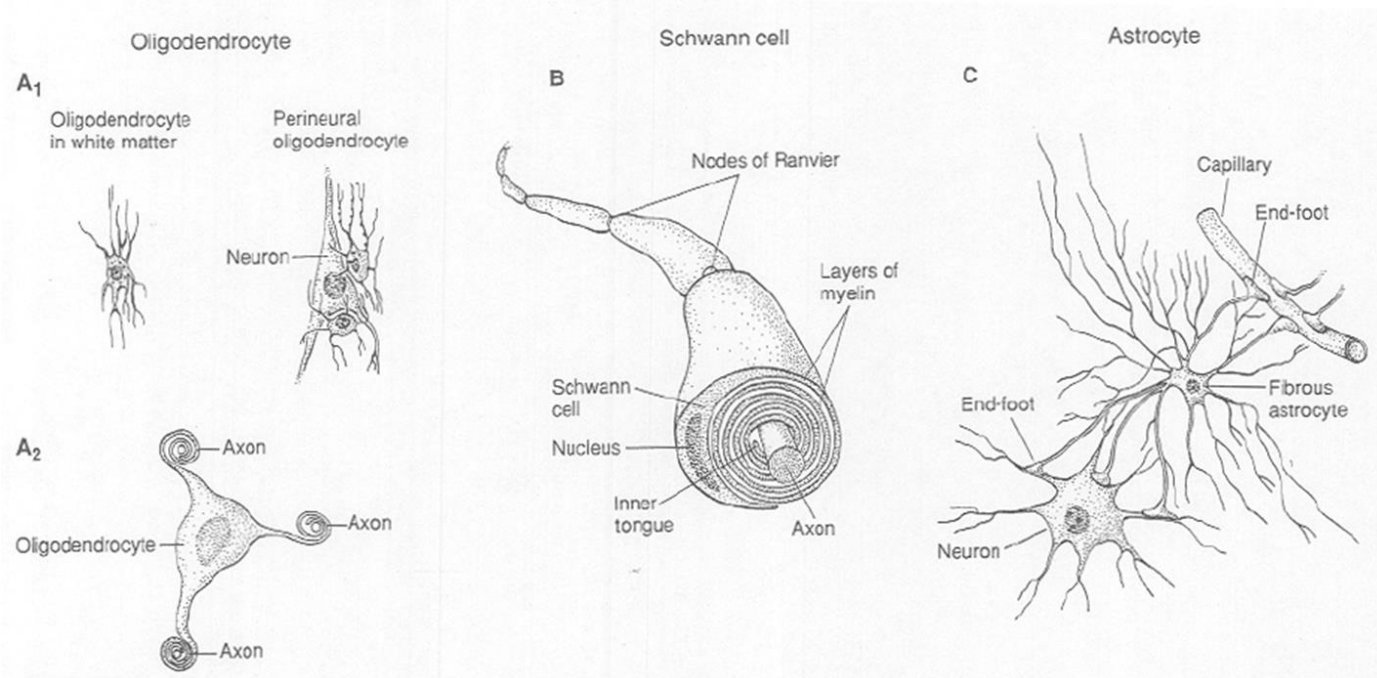
• מאקרולגליה

• תאי כוכב astrocytes – ב- CNS

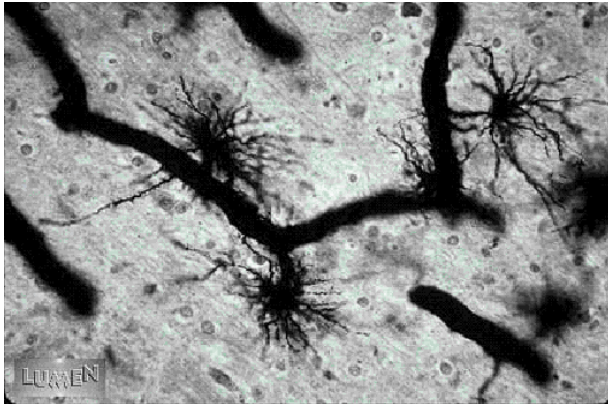
• אוליגודנדרולגליה oligodendroglia – מייצרים מיאלין ב- CNS

• שוואן schwann – מייצרים מיאלין ב- PNS

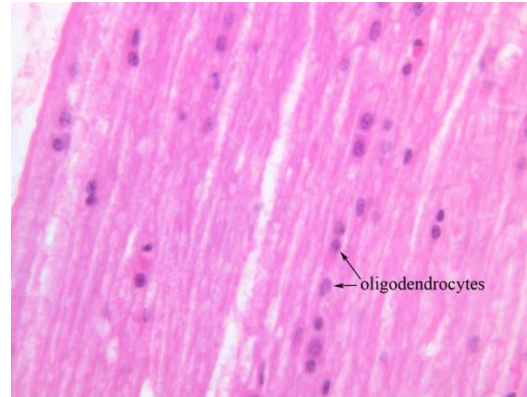
• מיקרוגליה - ב- CNS דומים בתפקודם לתאי מערכת החיסון



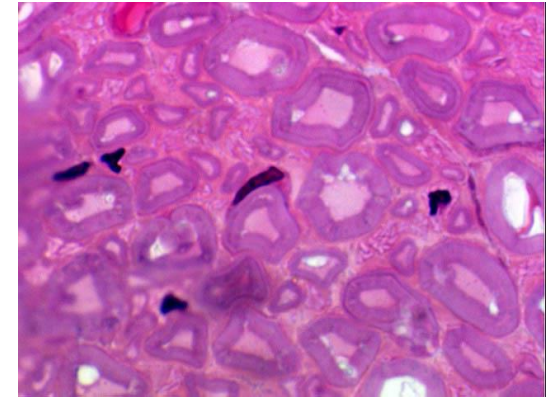
• מאקרולגליה



astrocytes



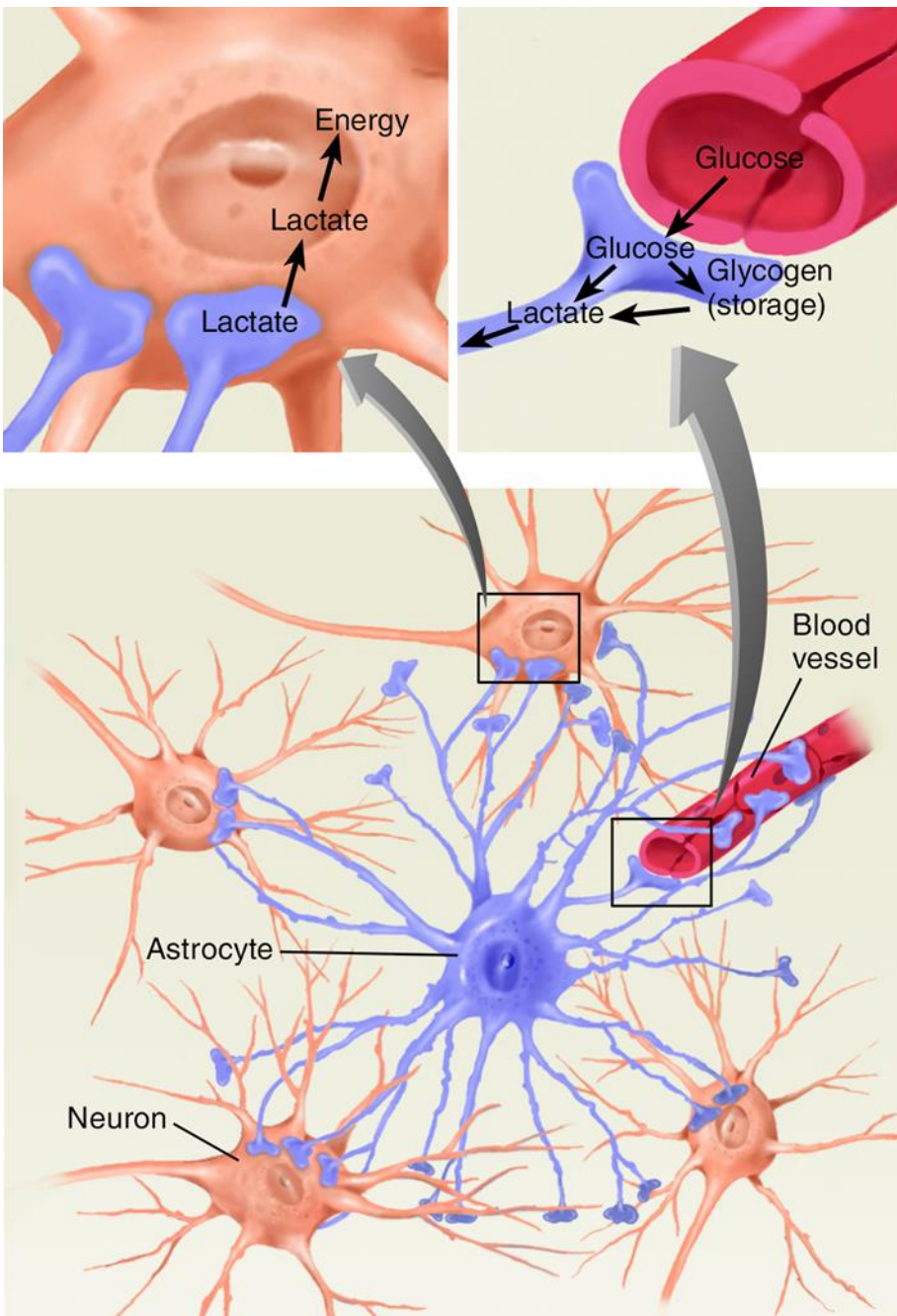
oligodendroglia



Schwann cells

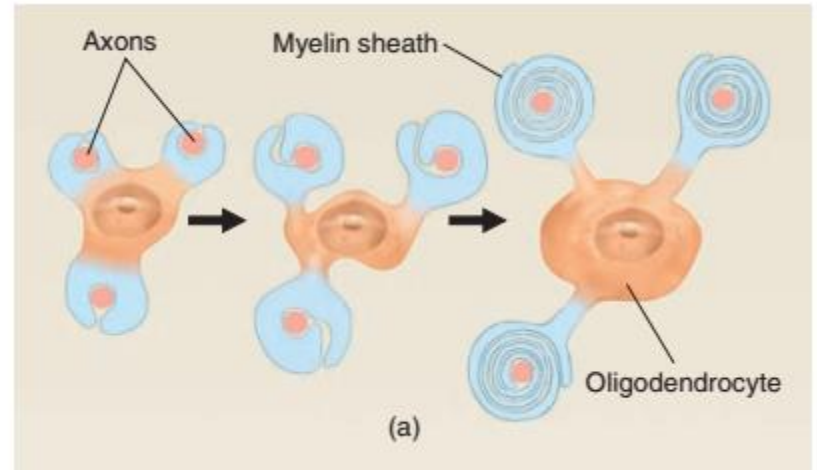
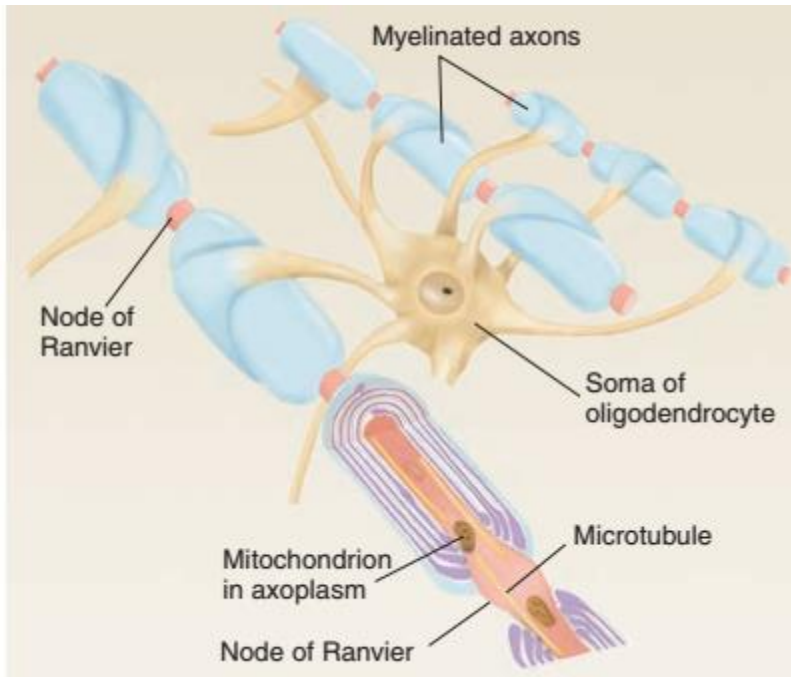
אסטרוציטים

- תמיכה פיזית-משמשים תבנית המחזיקה את הנוירונים.
- אספקת מזון - אסטרוציט מקבל גלוקוז מהדם ומפרק אותו ללקטט וכן מאחסן גליקוגן.
- שמירת ההרכב הכימי בסביבת הנוירון- קליטה והפרשת חומרים שריכוזם חייב להישמר קבוע.
- סילוק שרידי נוירונים בתהליך פאגוציטוזה, ויצירת רקמת צלקת.



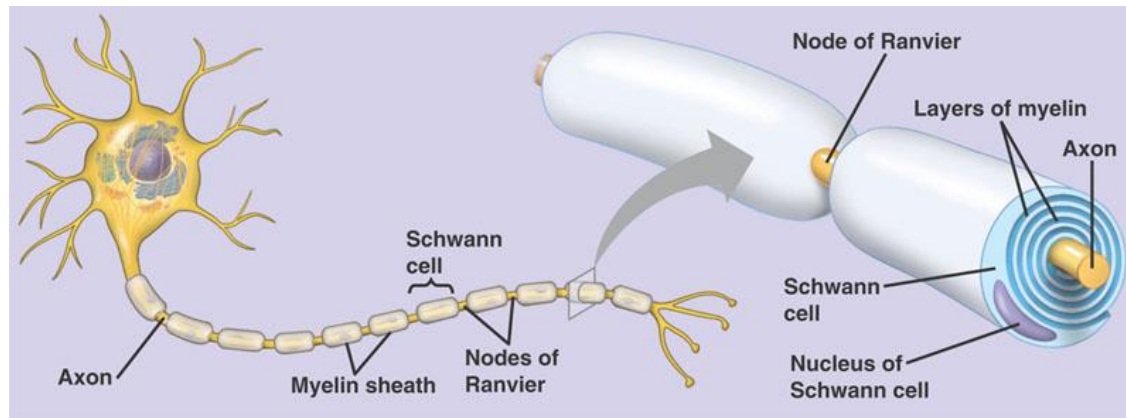
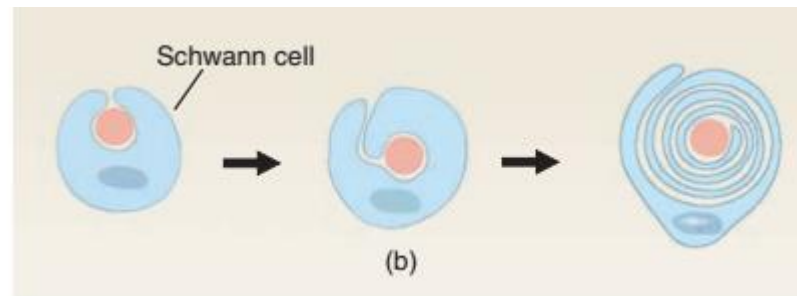
אוליגודנדרוציטים

- אחראים לייצור מעטפת המיילין במערכת העצבים המרכזית CNS – צינור המקיף את האקסון ומבודד אותו וכך מונע התפשטות של השדרים החשמליים.
- אוליגודנדרוציט אחד יוצר עד 50 מקטעי מיילין על פני אקסונים של נוירונים שונים.
- הצינור בנוי כשרשרת של מקטעים (1 מילימטר) וביניהם: מרווחי ראנווייה (1-2 מיקרומטר) – חלקי האקסון החשופים בין המקטעים העטופים במיילין



תאי שוואן

- ייצור מיילין ב-PNS (בדומה לתפקיד האוליגודנדרוציטים ב-CNS)
- תא שוואן אחד מספק מיילין לאקסון אחד (מקטע אחד על פני האקסון) וכן התא כולו מקיף את האקסון.



מה קורה במהלך גדילה תקינה של אקסונים?

במהלך ההתפתחות אקסונים נמצאים בשני מצבי גדילה:

1. מצב בו הם יכולים להתארך עד שהם מגיעים אל יעדם
2. מצב בו האקסונים מפסיקים להתארך ומתחילים ליצור טרמינלים סופיים כיון שהם הגיעו ליעדם.

מה קורה כאשר האקסון נפגע?

ב- Peripheral Nervous System: PNS

פעילות תאי השוואן בעת נזק לאקסון:

- תאי השוואן מסייעים בעיכול האקסונים

המתים והגוססים

- לאחר מכן, הם מסתדרים בסדרה של גלילים

אשר משמשים להכוונת הצמיחה המחודשת

של האקסונים

- החלקים המרוחקים של האקסון הפגוע מתים,

אבל ישנה גדילה של "נצרים" חדשים מתוך

הגדם אשר גדלים לכל הכיוונים. הנצר אשר

נתקל בגלילים של תאי השוואן יגדל במהירות

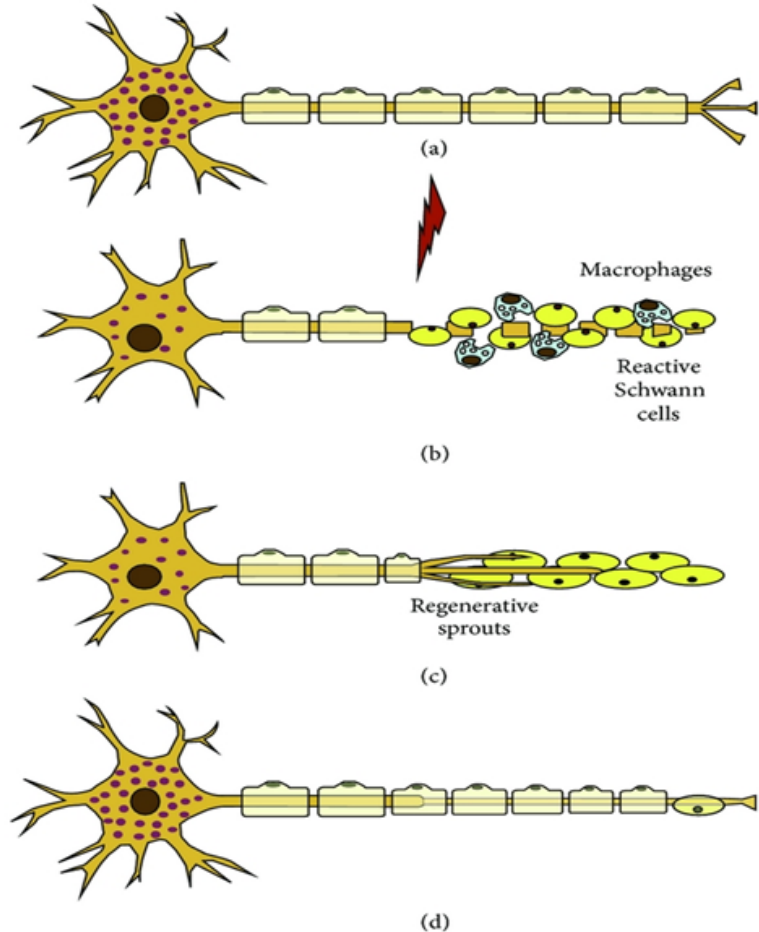
(3-4 מ"מ ביום) בעוד שהשאר ימותו

- אם שני קצוות האקסון הפגועים עדיין יהיו

קרובים זה לזה ייתכן חידוש של הקשר בין

האקסון לבין יעד העצבוב שלו (שריר, אבר

חוש וכו')



ב- CNS Central Nervous System לעומת PNS

במצב של נזק לאקסון לעומת התפתחות

1. מצב בו אקסונים יכולים להתארך עד שמגיעים ליעדם:

- בניגוד לתאי שוואן ב-PNS, אוליגודנדרוציטים אינם מסתדרים ב"גלילים" המספקים את ההכוונה לאקסונים להתארך

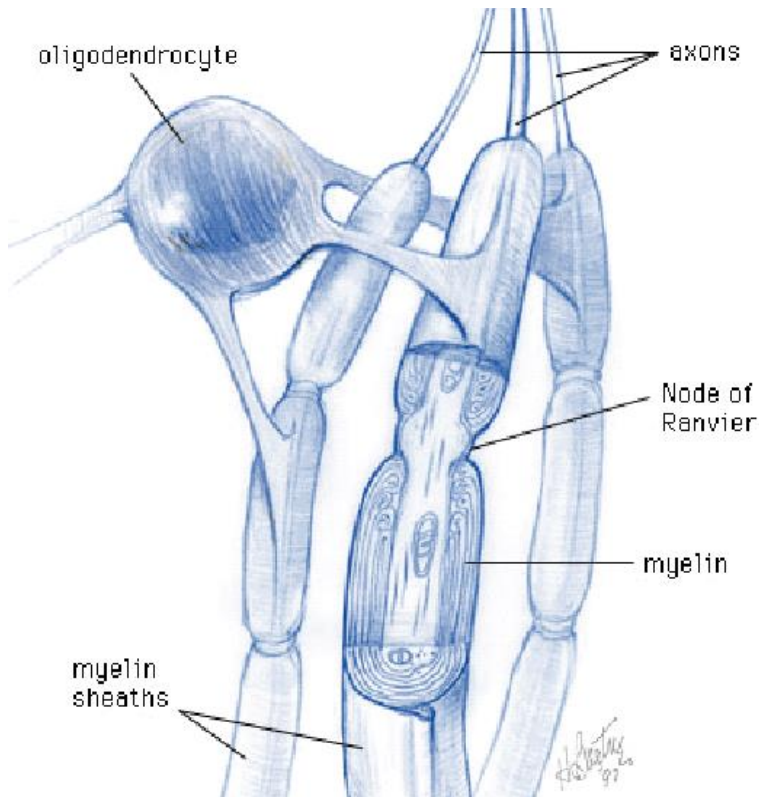
2. מצב בו האקסונים מפסיקים להתארך ומתחילים ליצור טרמינלים סופיים כיון שהם הגיעו ליעדם.

- כמו ב-PNS ייווצרו "נצרים" חדשים, אולם, בניגוד ל-PNS, הם ייתקלו ברקמת צלקת בלתי חדירה שיוצרים אסטרוציטים.
- גם כאשר אסטרוציטים אינם מיצרים רקמת צלקת, הם יוצרים סיגנל כימי אשר גורם לאקסונים להפסיק להתארך ולייצר טרמינלים סופיים רחוקים מהיעד – אקסון ללא תכלית.
- אסטרוציטים מתרבים ו"אוכלים" את האקסון המת ונוצרת צלקת

- ההבדלים בתכונות הרגנטרטיביות (יכולת ההתאוששות) של אקסונים ב-CNS ו-PNS נובעים מתכונות התאים התומכים ולא מתכונות שונות של האקסונים עצמם

- הבדל נוסף בין אוליגודנדרוציטים לבין תאי שוואן – ההרכב הכימי של המיאלין שהם מייצרים.
- חלבון המיאלין בCNS מותקף ב multiple sclerosis (טרשת נפוצה) בעוד שאין השפעה על המיאלין בPNS.

טרשת נפוצה



- בדרך כלל מופיעה בגיל 20-40

- מחלה אוטו-אימונית שבה מערכת החיסון "תוקפת" את המיאלין במערכת העצבים המרכזית.

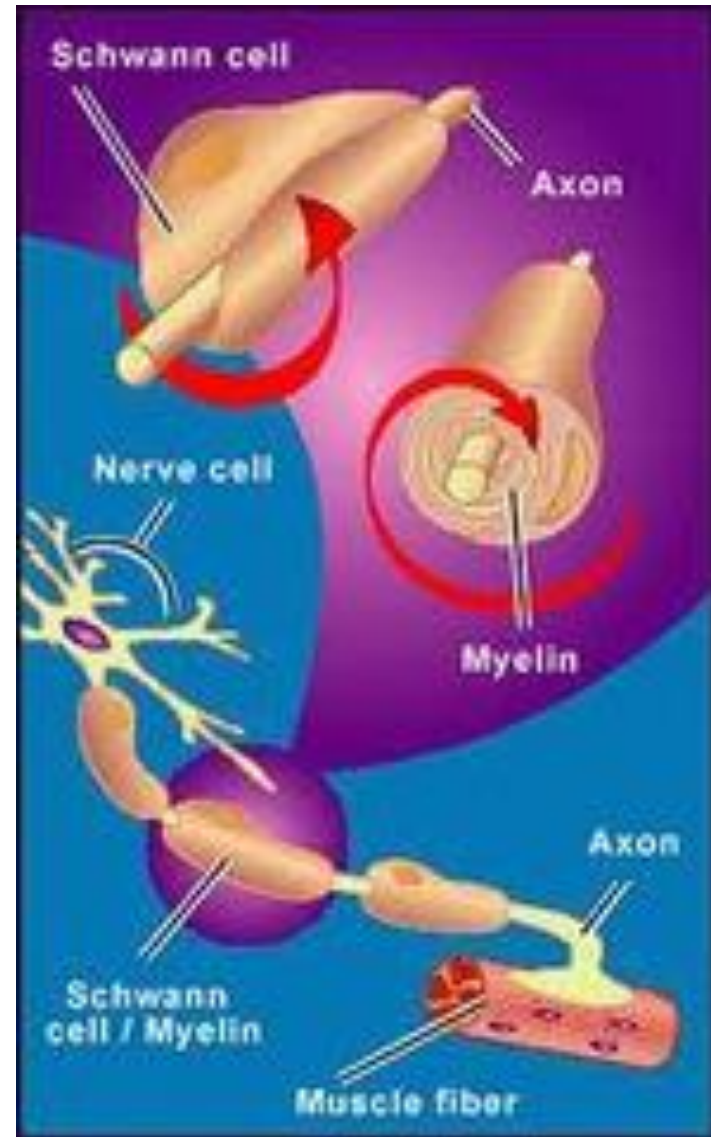
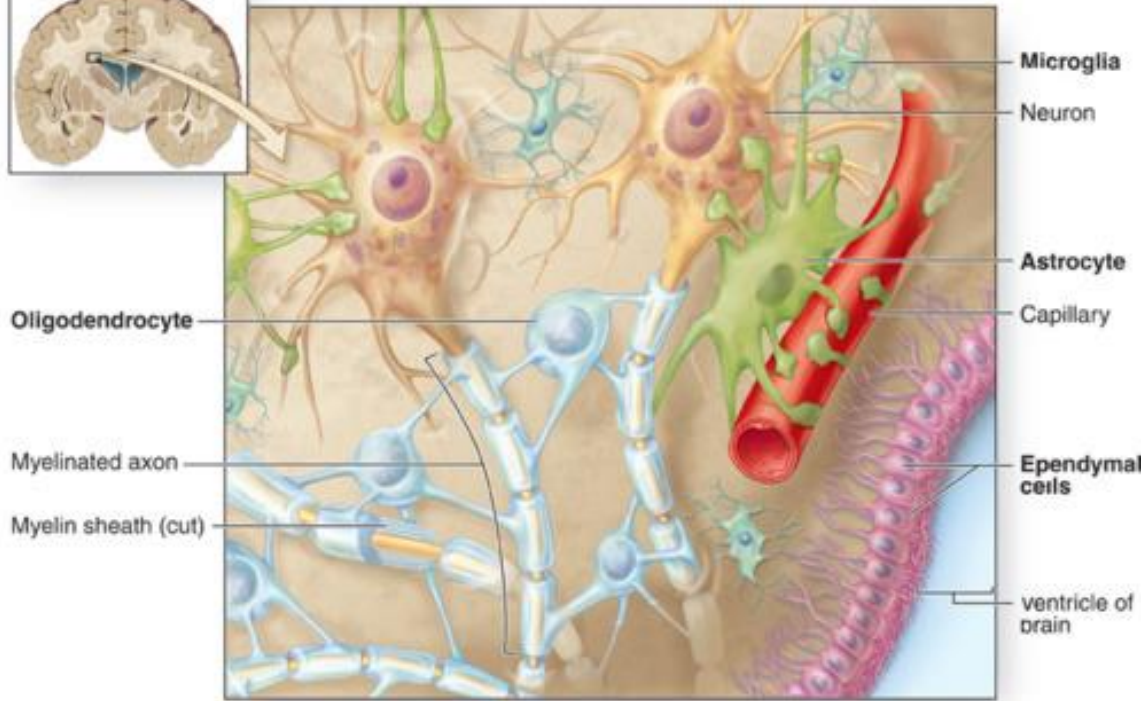
- כתוצאה מהעדר מיאלין העברת המידע החשמלי לאורך האקסון איטית יותר. מהירות ההולכה גבוהה באקסון עטוף מיאלין. (הסבר בשיעור על פוטנציאל פעולה).

- סימנים: חולשה, הפרעות בראיה.

מיקרוגליה

- הקטנים שבתאי הגליה.
- נציגי מערכת החיסון במוח- אחראיים על תגובות חיסוניות (כגון דלקת) במקרים של פלישת מיקרואורגניזמים זרים או נזק מוחי
- פועלים גם כפאגוציטים (בדומה לאסטרופיטים, מפנים נוירונים מתים)

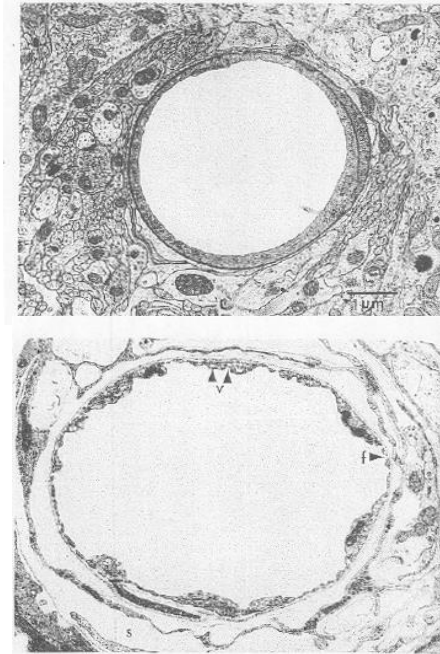
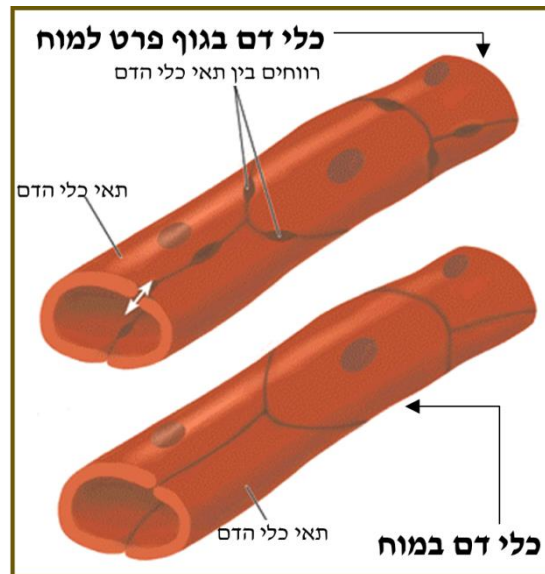
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



*BBB - (brain blood barrier) מחסום דם-מוח

- מנגנון הגנה במוח נגד חומרים רעילים הנמצאים בדם.
- אין מעבר של מולקולות גדולות מכלי הדם אל המוח.
- תאי כלי הדם צמודים – אין ביניהם רווחים.

כלי דם לא חדיר



כלי דם חדיר

- מנגנון הגנה במוח נגד חומרים רעילים הנמצאים בדם.
- אין מעבר של מולקולות גדולות מכלי הדם אל המוח.
- תאי כלי הדם צמודים – אין ביניהם רווחים.
- תאי גליה סביב כלי הדם מהווים הגנה נוספת – יכולים "לאכול" חומרים שעוברים.
- ה-BBB אינו אחיד בכל האזורים - area postrema – איזור ההקאה
- דוגמא ליעילות המחסום: פניצילין יעיל כטיפול נגד חיידקים, אך רעיל מאוד לרקמת המוח.