



משרד החינוך

מערכת שידורים לאומית

חינוך גופני מקצוע מוגבר לבגרות 5 יח"ל

חלק א' – מערכת העצבים - העברת הדחף העצבי

שם המורה: אורלי בלומנפלד



מה נלמד היום:

הדחף העצבי

אופן העברת הדחף העצבי

תגובת רפלקס

שינויים במבנה ובפעולת מערכת העצבים עם העלייה בגיל



הדחף העצבי

תא העצב מכיל **נוזל תוך-תאי** ומחוץ לתא העצב נמצא **נוזל חוץ-תאי** הכולל את הפלסמה ואת הנוזל הבין-תאי.

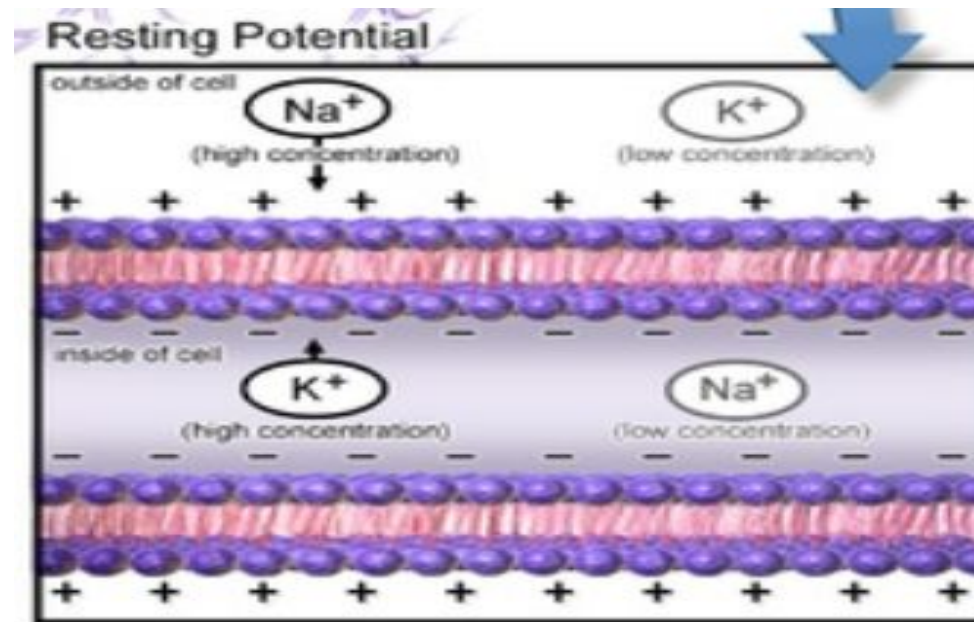
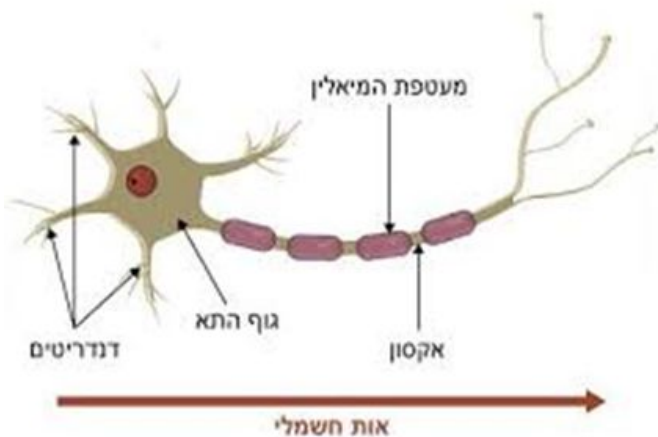
הנוזלים התוך-תאיים והבין-תאיים **מכילים מלחים** שונים.

מלח הוא חומר שבהיותו מומס בתוך נוזל הוא מתפרק ליונים בעלי מטען חשמלי, Na^+ , K^+ , Cl^- יוני.

הרכב המלחים התוך-תאי שונה מהרכב המלחים החוץ-תאי.

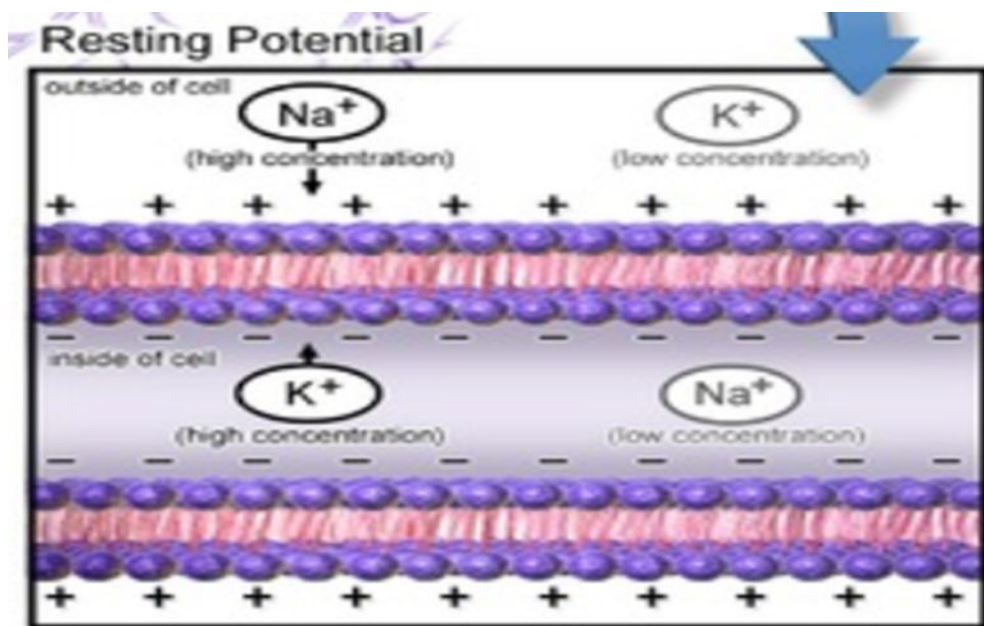
ההבדל העיקרי הוא בריכוז יוני הוא בריכוז יוני הנתרן Na^+ והאשלגן K^+ .

במצב מנוחה בתא העצב -
ריכוז יוני הנתרן גבוה מחוץ לתא ונמוך בתוכו,
ואילו ריכוז יוני האשלגן נמוך מחוץ לתא וגבוה בתוכו.

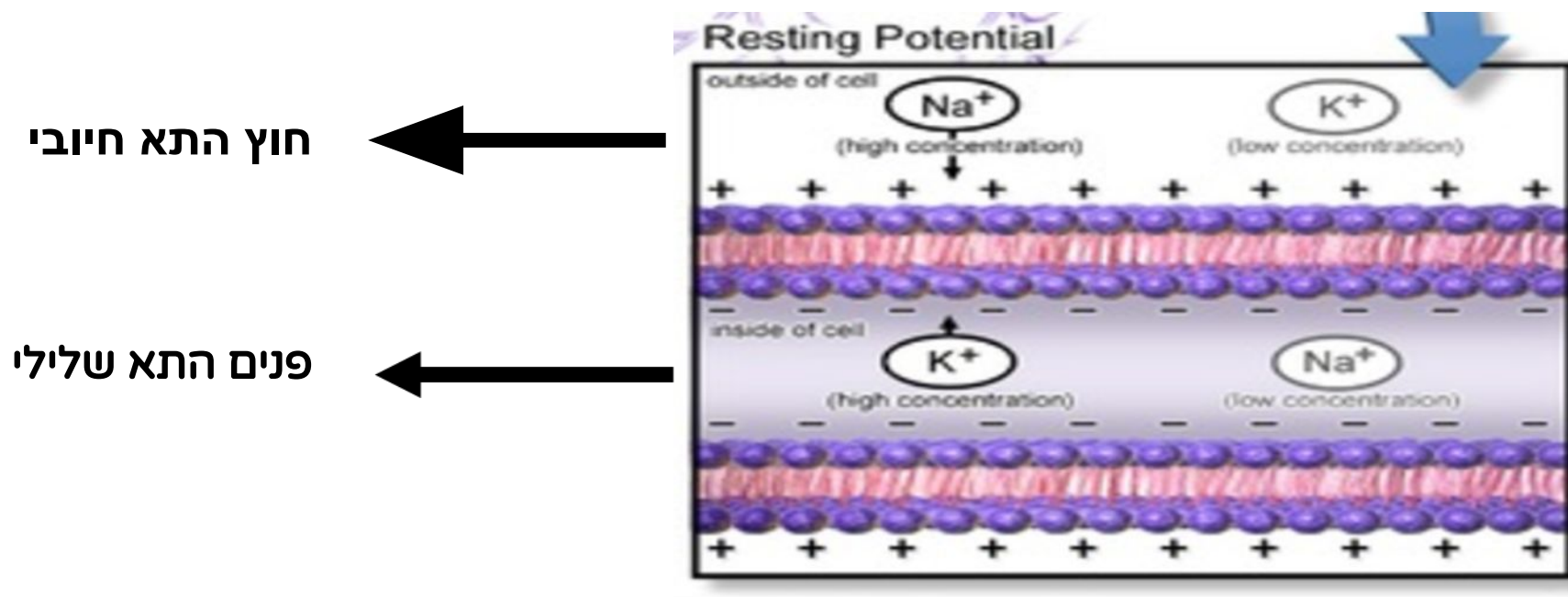


חוץ התא ופנים התא מופרדים על יד ממברנה בררנית.
בין חוץ התא לפנים התא נוצר מתח חשמלי (שינויים במצב היונים).
(ניתן לדעת מהו המתח החשמלי ששורר בין פנים התא לבין סביבתו
על ידי אלקטרודות שמוחדרות לתוך התא ולנוזל הבין תאי).

במצב שבו זרם היונים נטו הוא אפס - 0, המתח החשמלי מוגדר
כ - פוטנציאל מנוחה (אין תנועת יונים).



תוכו של תא העצב בזמן פוטנציאל המנוחה הוא שלילי ביחס לנוזל החוץ-תאי.
מידת השליליות שונה בין תאים שונים, ערכיה הם בין 60- ל 90- מיליוולט.



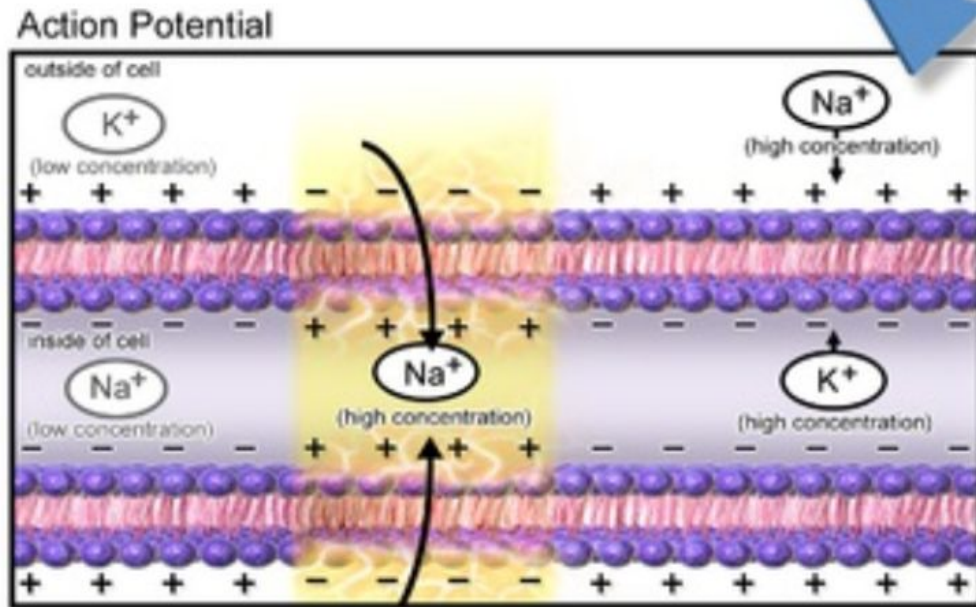
חוץ התא חיובי

פנים התא שלילי

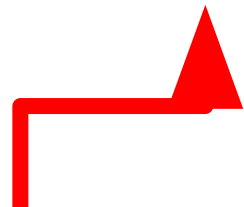
בתמונה רואים - מצב של עצב בלתי מגורה (במנוחה). הצד החיצוני חיובי ביחס לצד הפנימי מפני שמחוץ לתא ריכוז יוני הנתרן גבוה יותר מבפנים.

כאשר בתא עצב עובר גירוי חשמלי,
מתרחש שינוי בחדירות הממברנה ליונים,
שגורם לשינוי במתח החשמלי המכונה

פוטנציאל פעולה או דחף עצבי.

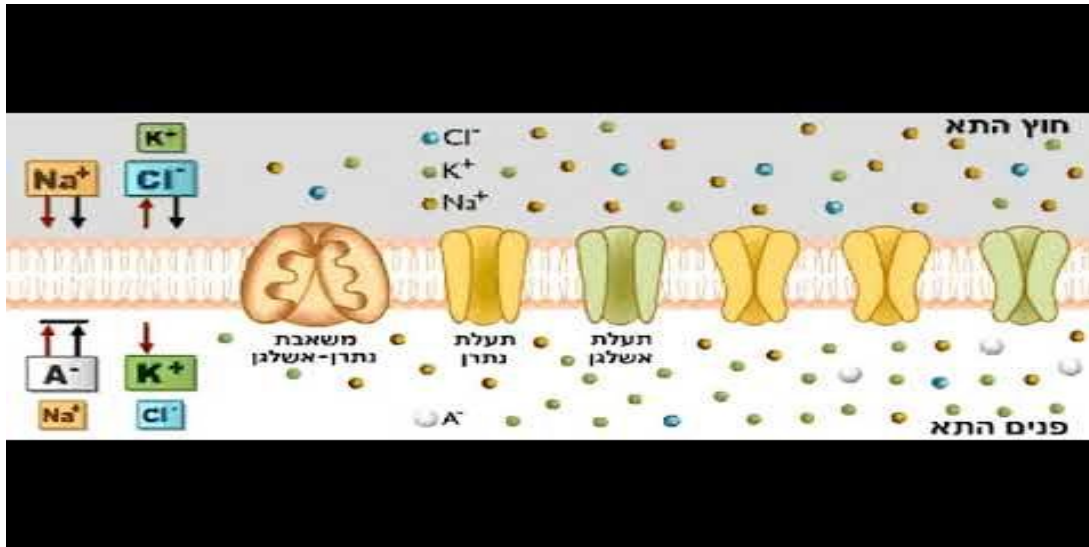


גירוי חשמלי



על ידי תעלות "נתרן אשלגן" - יוני הנתרן זורמים מחוץ התא אל תוך התא, ויוני האשלגן זורמים בכיוון ההפוך

מאחר שזרימת יוני הנתרן בשלב הראשוני מואצת יותר, משתנה חלוקת המטענים בין פנים התא לחוץ התא, והתוצאה היא שהמתח מתאפס ואף הופך לחיובי.



הפיכת המתח החשמלי בתוך התא לחיובי נקרא – דפולריזציה.

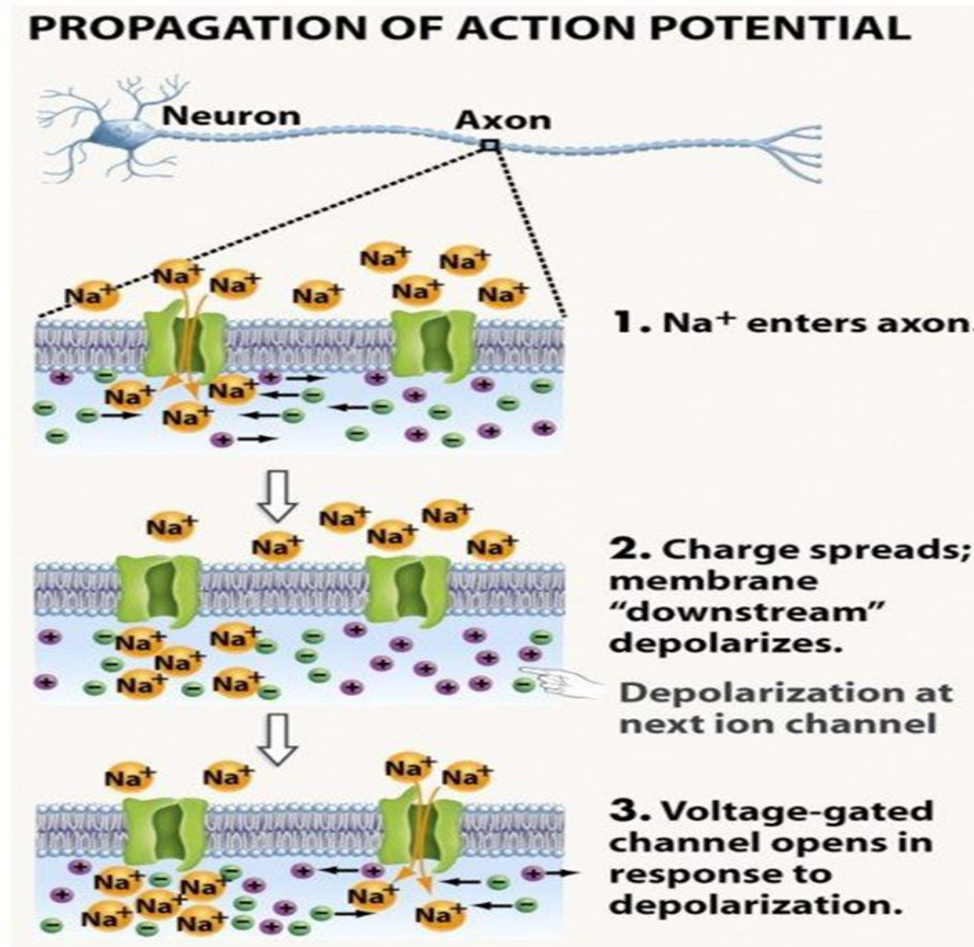
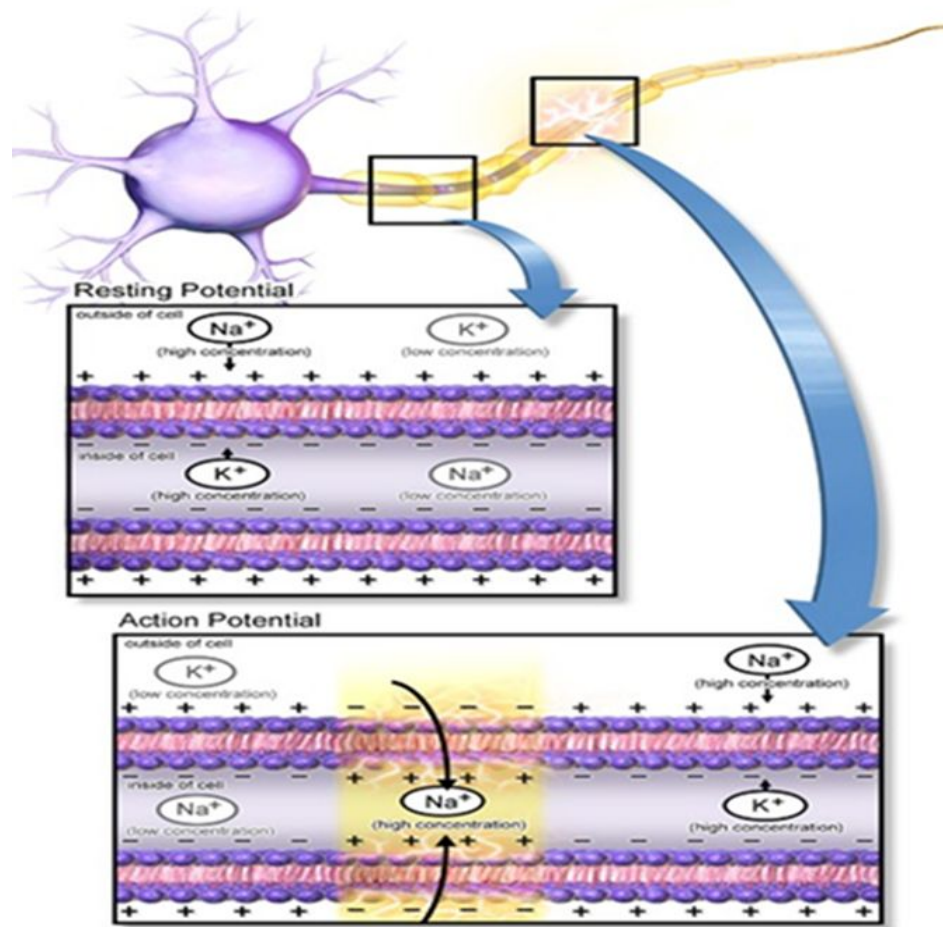


Figure 45-11a Biological Science, 2/e
© 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

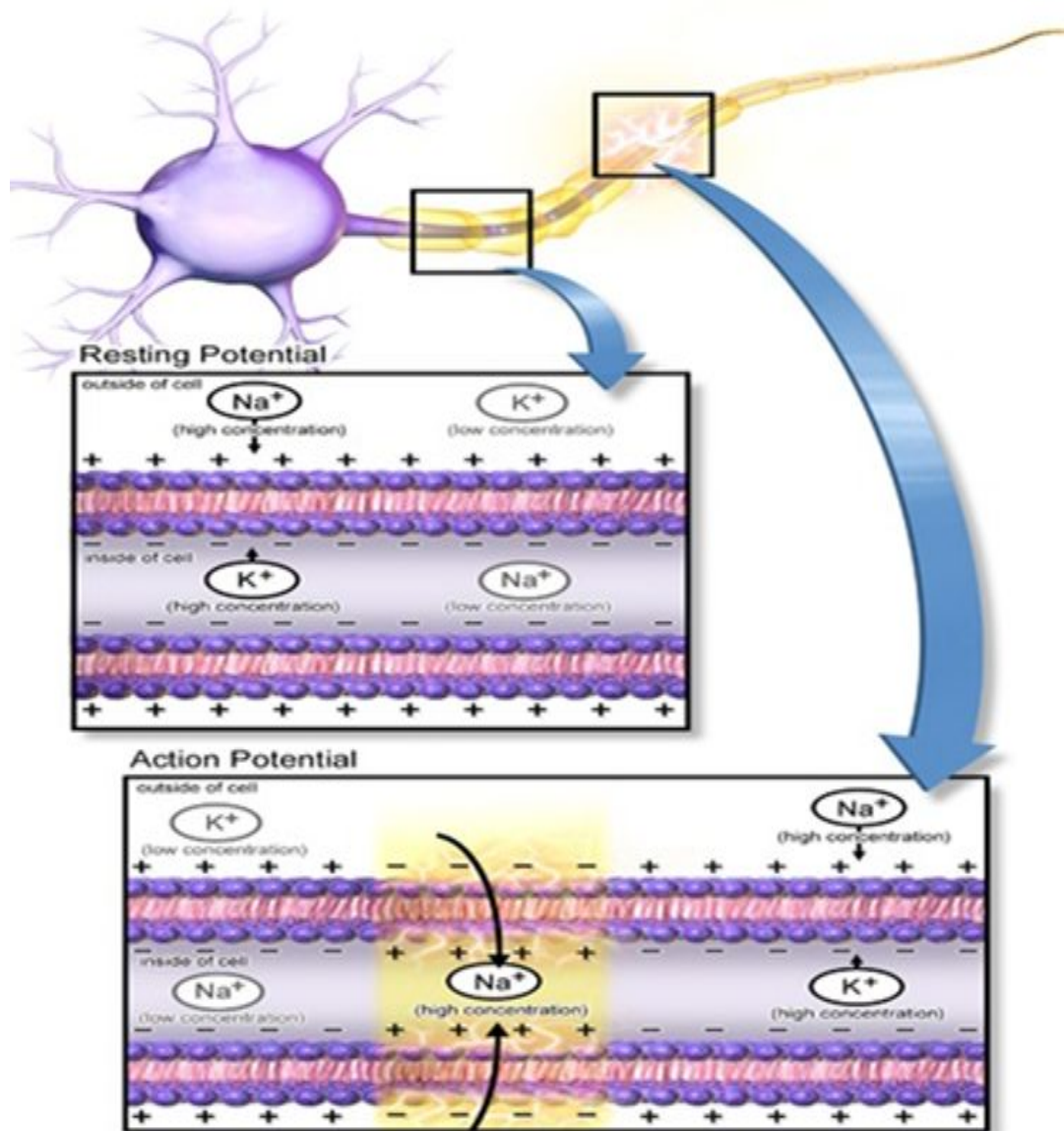


רפולריזציה

בשלב מסוים חלה ירידה בחדירות קרום התא ליוני הנתרן, ועולה החדירות ליוני אשלגן שחוזרים לתוך התא. וכתוצאה מכך פוטנציאל הפעולה מתחיל לדעוך.

זרימת יוני האשלגן חזרה אל התא והירידה בחדירות הממברנה ליוני הנתרן שהחלה, מחזירות את המתח לערכים שליליים.

השלב שבו תוך התא חוזר להיות שלילי לעומת חוץ התא (ביחס לנוזל לחוץ תאי) נקרא- **רפולריזציה**.



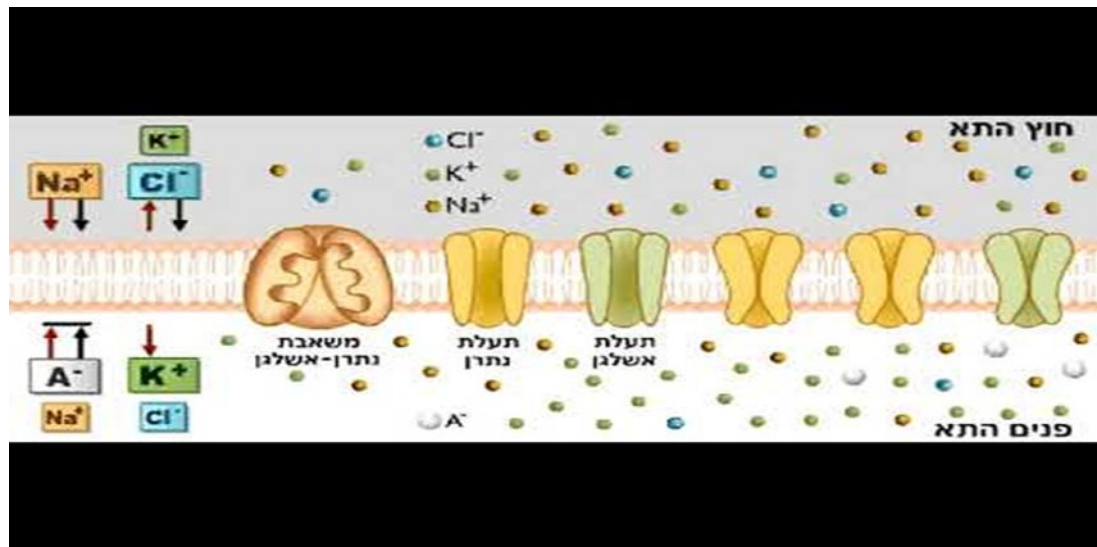
הדחף עובר כגל של שינויים
לאורך העצב.

לאחר שהדחף עבר, חוזר המצב
בסיב לקיטובו הראשוני-
החוץ חיובי ביחס לפניו.

מיד לאחר הרפולריזציה נכנס תא העצב לתקופת אתנחתא – תקופה רפרקטורית.

תקופה זו שסדר גודלה אלפיות שנייה(בדומה למשך פוטנציאל הפעולה), דרושה לעצב בטרם יהיה מסוגל להגיב לגירויים חדשים. בתקופה הרפרקטורית חוזרות מוליכויות הנתרן והאשלגן למצב מנוחה.

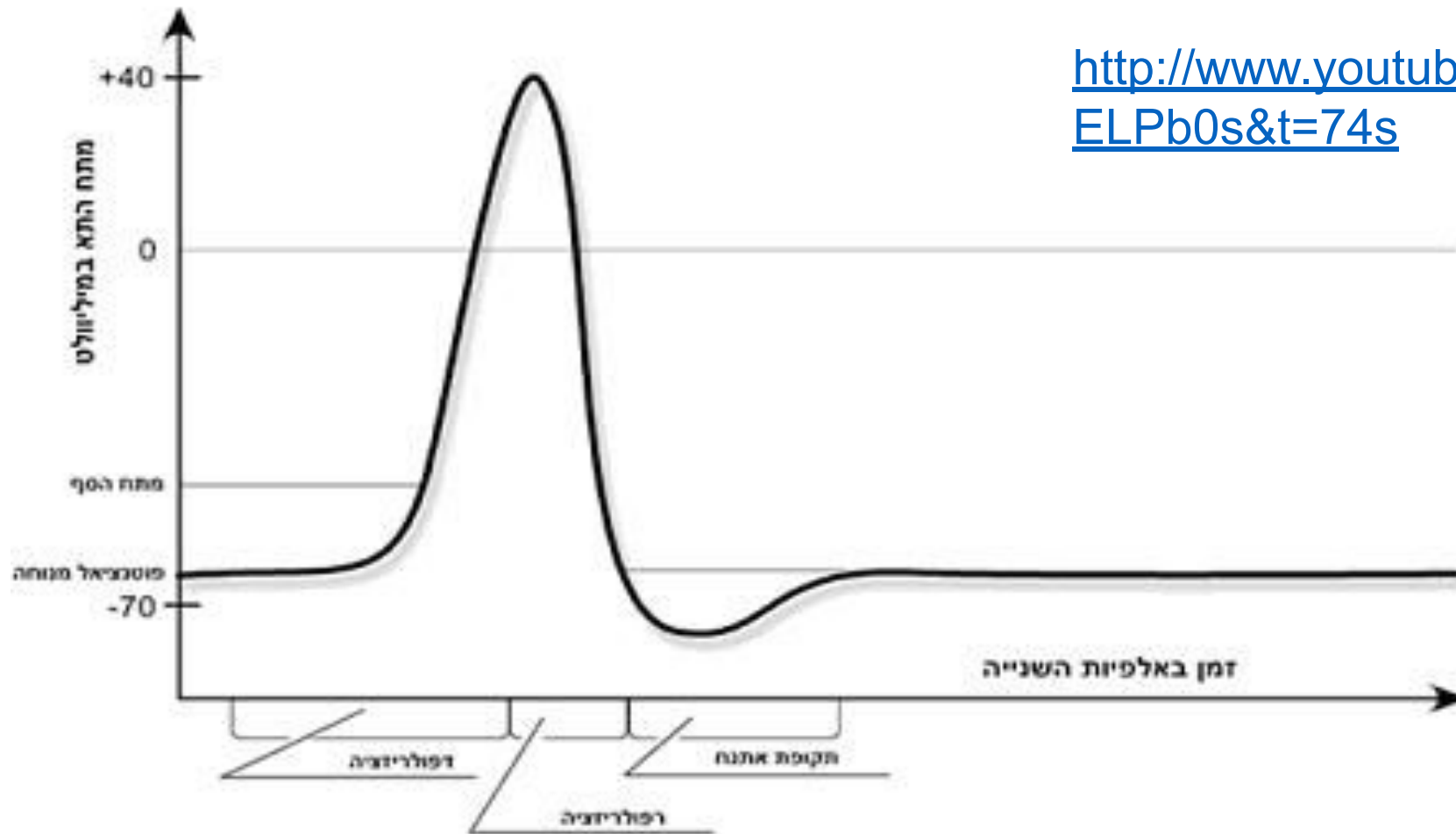
החזרת ריכוזי הנתרן והאשלגן לרמתם הקבועה משני צידי קרום התא נעשית באמצעות מערכת העברה אקטיבית, שנקראת **משאבת נתרן-אשלגן**.



<http://www.youtube.com/watch?v=R0TdXkxBOkE&feature=related>

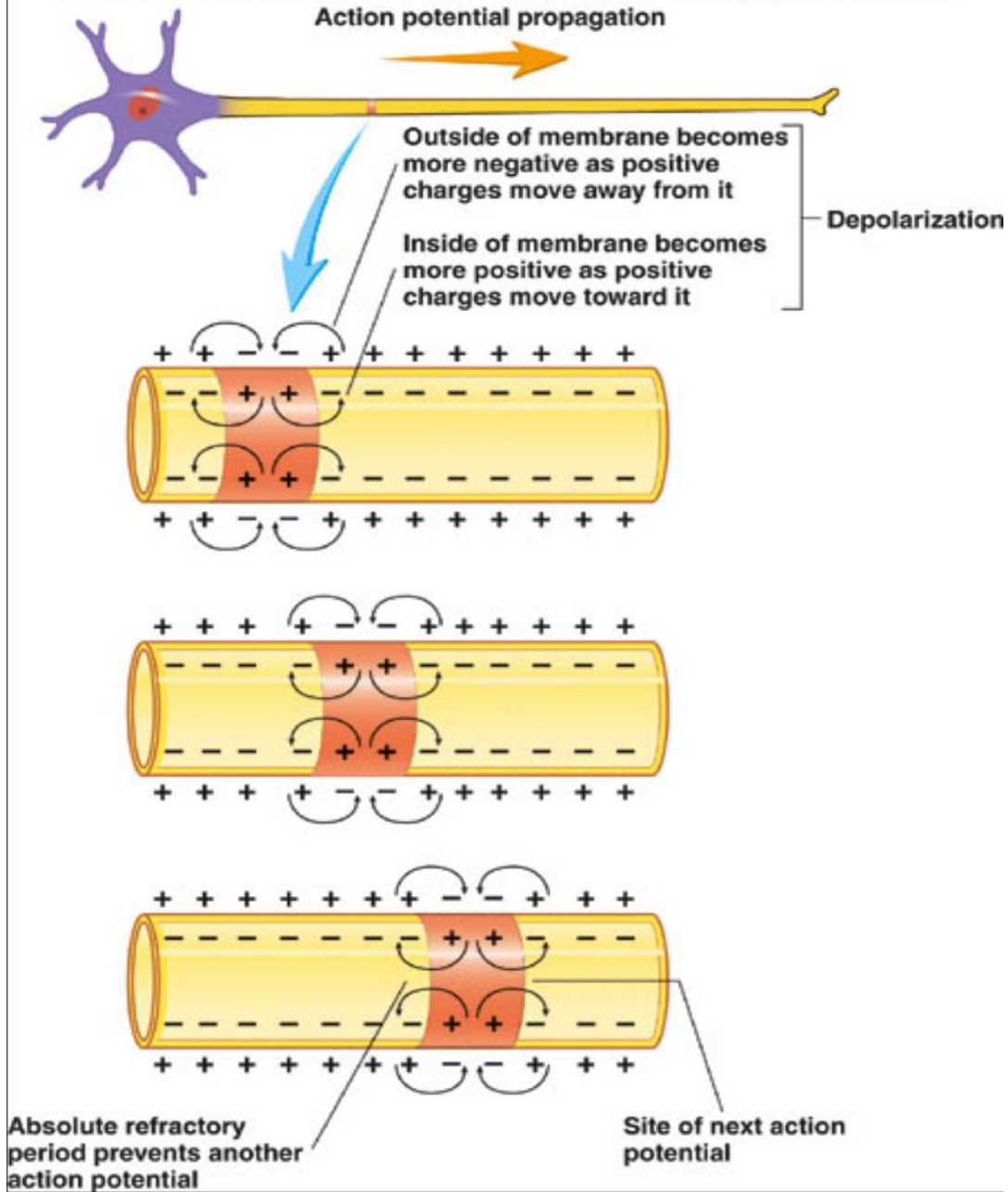


תיאור גרפי של השינויים במתח החשמלי כשעובר הדחף החשמלי



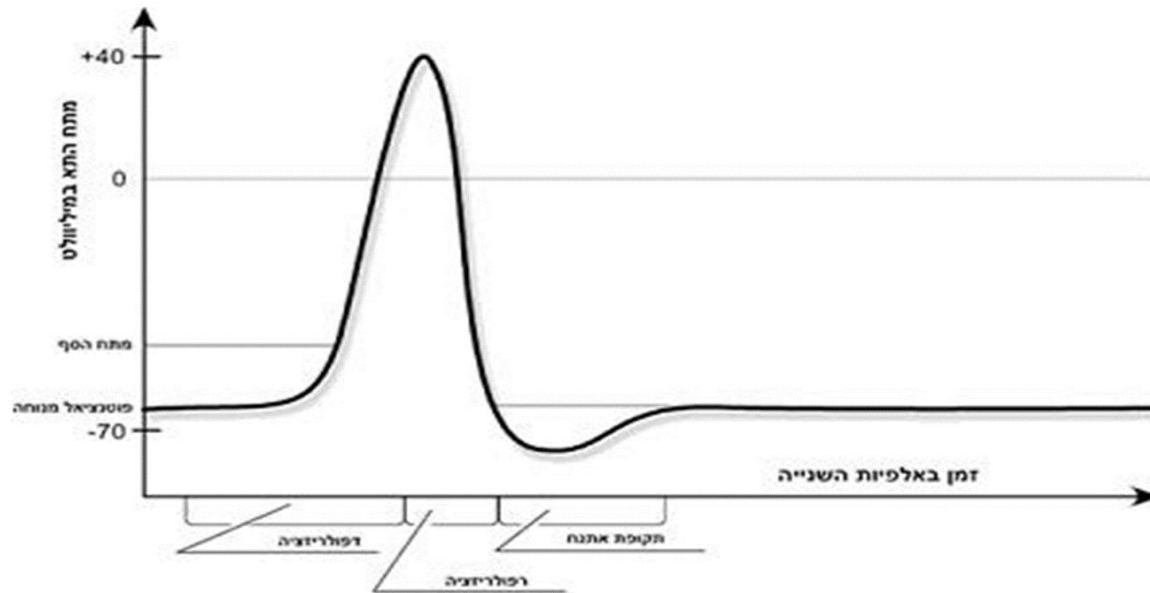
<http://www.youtube.com/watch?v=FEHNIELPb0s&t=74s>





משרעת פוטנציאל הפעולה

היא הפרש המתחים שבין פוטנציאל המנוחה לבין שיא פוטנציאל הפעולה.
כשהתא באתנחתא המתח החשמלי שלו בסביבות -90 מיליוולט.
כשהתא בדפולריזציה המתח החשמלי שלו $+40$ מיליוולט.
ההפרש ביניהם הוא 130 מיליוולט.



תכונות הממברנה - כמות תעלות הנתרן והאשלגן, המיאלין וקוטר האקסון.
הן שקובעות את **משרעת פוטנציאל הפעולה** ואת משכו.

משרעת פוטנציאל הפעולה אינה תלויה בעוצמת הגירוי שהביא ליצירתה,
בתנאי שהעוצמה גבוהה מסף מסוים.



חוק: "הכל או לא כלום"

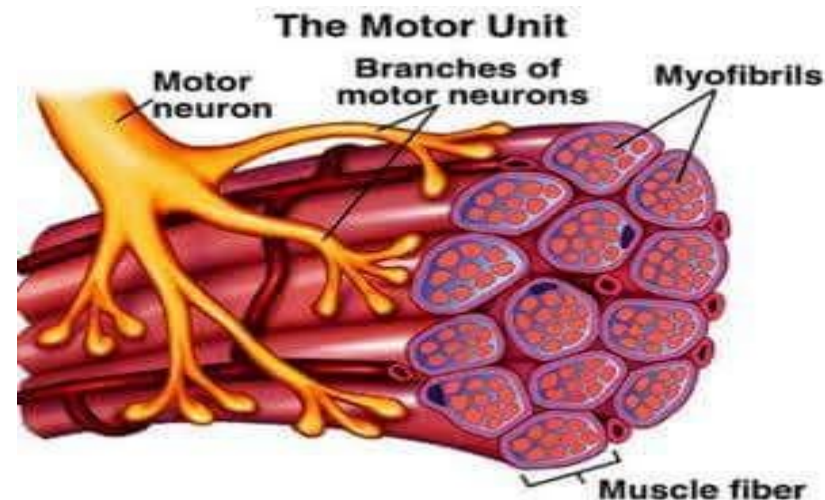
ביחידה מוטורית - אם הגירוי נמוך מרמת סף מסוימת, פוטנציאל הפעולה אינו מופיע כלל.

אין דרגות ביניים של הופעת פוטנציאל פעולה חלקי בתגובה לגירוי חלקי.
תגובה עצבית זו נקראת - תגובה מסוג של - "הכול או לא כלום".

כלומר, כאשר סיב שריר מקבל גירוי עצבי -
כל הסרקומרים של כל המיופיברילות מתכווצים בעת ובעונה אחת.

מהי יחידה מוטורית?

יחידה מוטורית היא יחידה המכילה את תא העצב עם כל תאי השריר אותם הוא מעצבב.



חישבו וענו -



1. א. מהו מצב יוני הנתרן והאשלגן באקסון ומחוצה לו בזמן פוטנציאל מנוחה?
- ב. וכיצד משתנה המצב בדפולריזציה, רפולריזציה ותקופת אתנחתא?
- ג. מהו המתח החשמלי בכל אחד מהמצבים?

חינוך גופני מקצוע מוגבר לבגרות 5 יח"ל

חלק ב' – מערכת העצבים - העברת הדחף העצבי

שם המורה: אורלי בלומנפלד

חוק: "הכל או לא כלום"

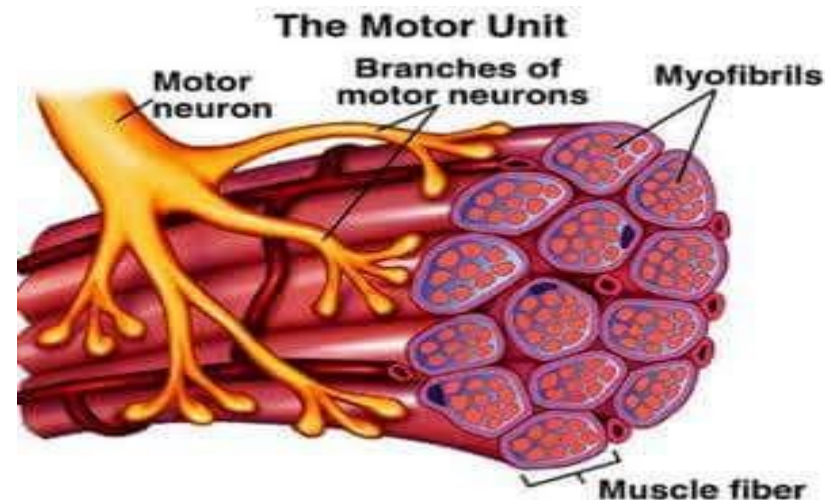
ביחידה מוטורית - אם הגירוי נמוך מרמת סף מסוימת, פוטנציאל הפעולה אינו מופיע כלל.

אין דרגות ביניים של הופעת פוטנציאל פעולה חלקי בתגובה לגירוי חלקי.
תגובה עצבית זו נקראת - תגובה מסוג של - "הכול או לא כלום".

כלומר, כאשר סיב שריר מקבל גירוי עצבי -
כל הסרקומרים של כל המיופיברילות מתכווצים בעת ובעונה אחת.

מהי יחידה מוטורית?

יחידה מוטורית היא יחידה המכילה את תא העצב עם כל תאי השריר אותם הוא מעצבב.

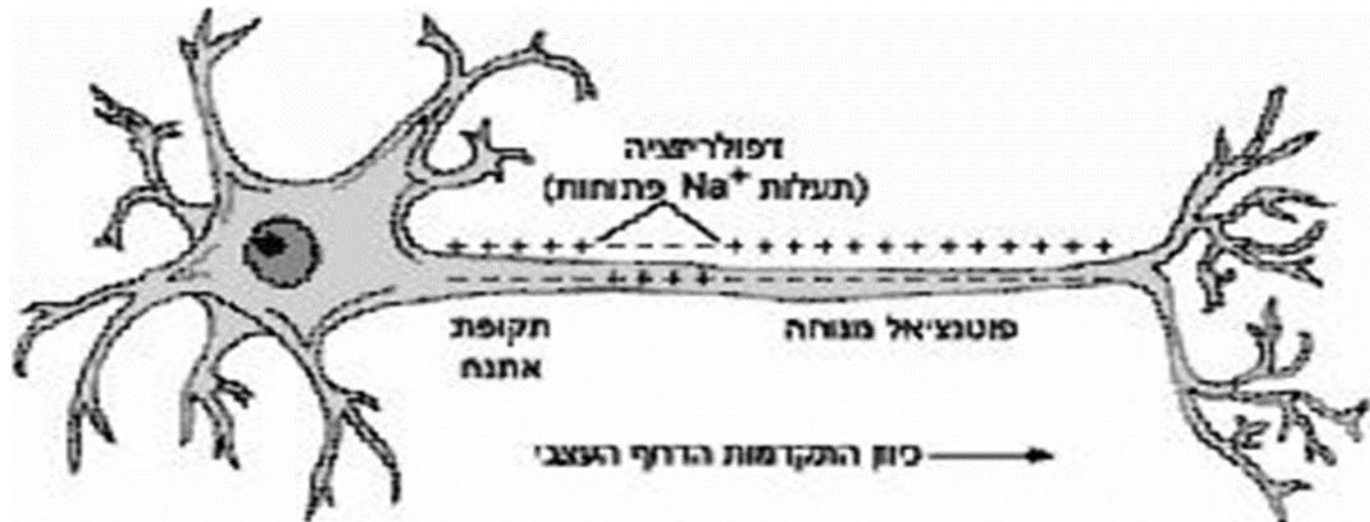


העברת הדחף בעצב

בעת היווצרות פוטנציאל פעולה בנקודה מסוימת על תא העצב מתהווים במקום זרמים מעגליים מקומיים, שיוצרים גירוי מעל לסף הגירוי לאזור סמוך של קרום התא, ובעקבות כך מתפתח גם שם פוטנציאל פעולה.

התופעה מתמשכת ומתקדמת, וכך מתפשט הדחף לאורך סיב העצב.

כלומר, פוטנציאל פעולה בנקודה אחת מהווה גירוי להיווצרות פוטנציאל פעולה בנקודה סמוכה.

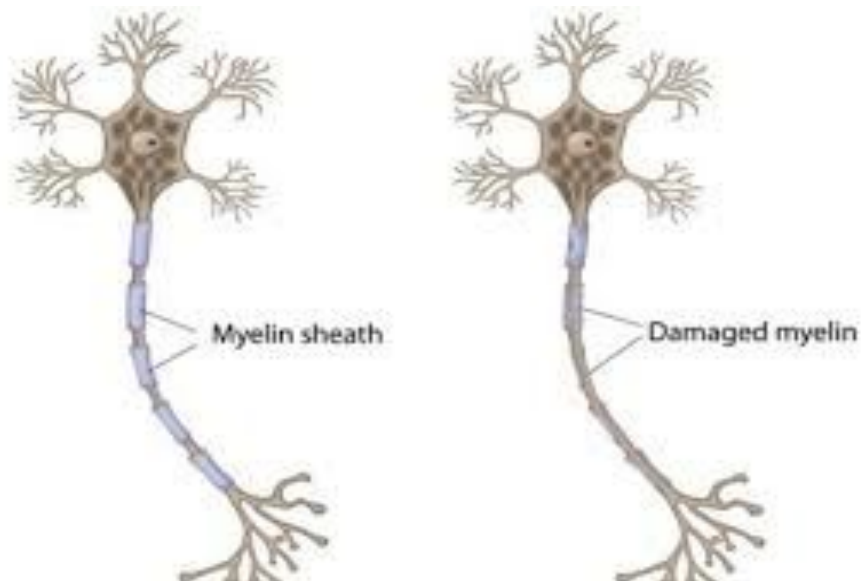


המהירות שבה עובר הדחף העצבי דרך סיב עצב מסוים, קבועה וגודלה עשרות מטרים בשנייה.

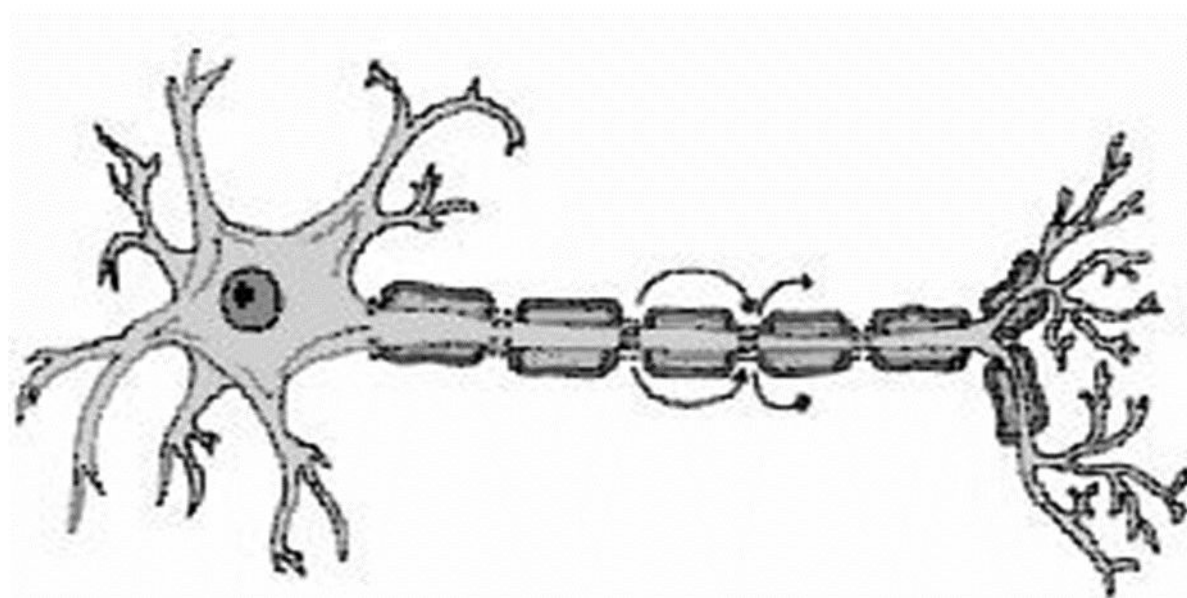
המהירות נקבעת על ידי תכונות הממברנה וגם על ידי קוטר האקסון.

1. ככל שהאקסון בעל קוטר גדול יותר מהירות ההולכה שלו תהיה מהירה יותר.

2. שכבת המיאלין העוטפת את האקסונים של חלק מתאי העצב מגבירה את מהירות ההולכה.

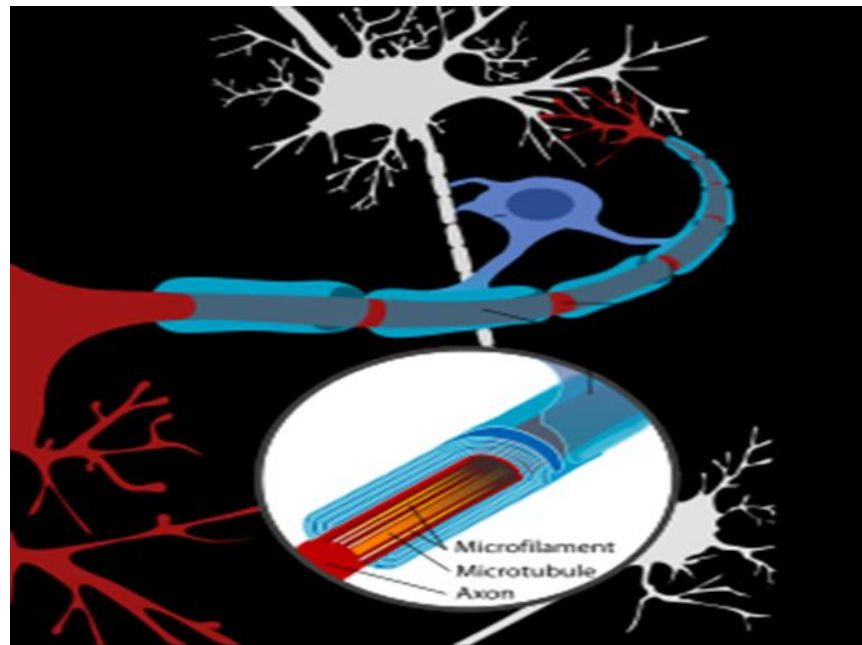


כפי שניתן לראות באיור הבא, הדחף העצבי פורץ במרווחים של גשרי רנוייה ומתקדם ביניהם בקפיצות.



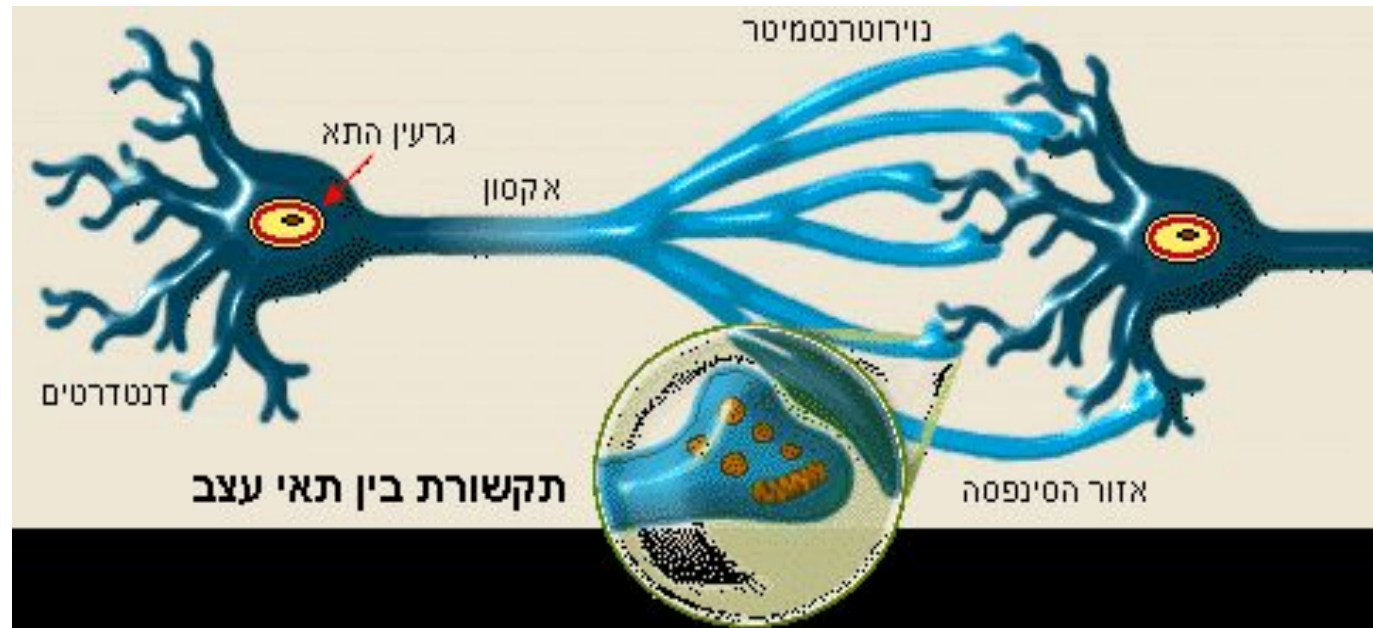
תדירות מעבר הדחפים דרך סיב עצב אחד יכולה להשתנות ממאות דחפים בשנייה לדחפים בודדים בלבד.

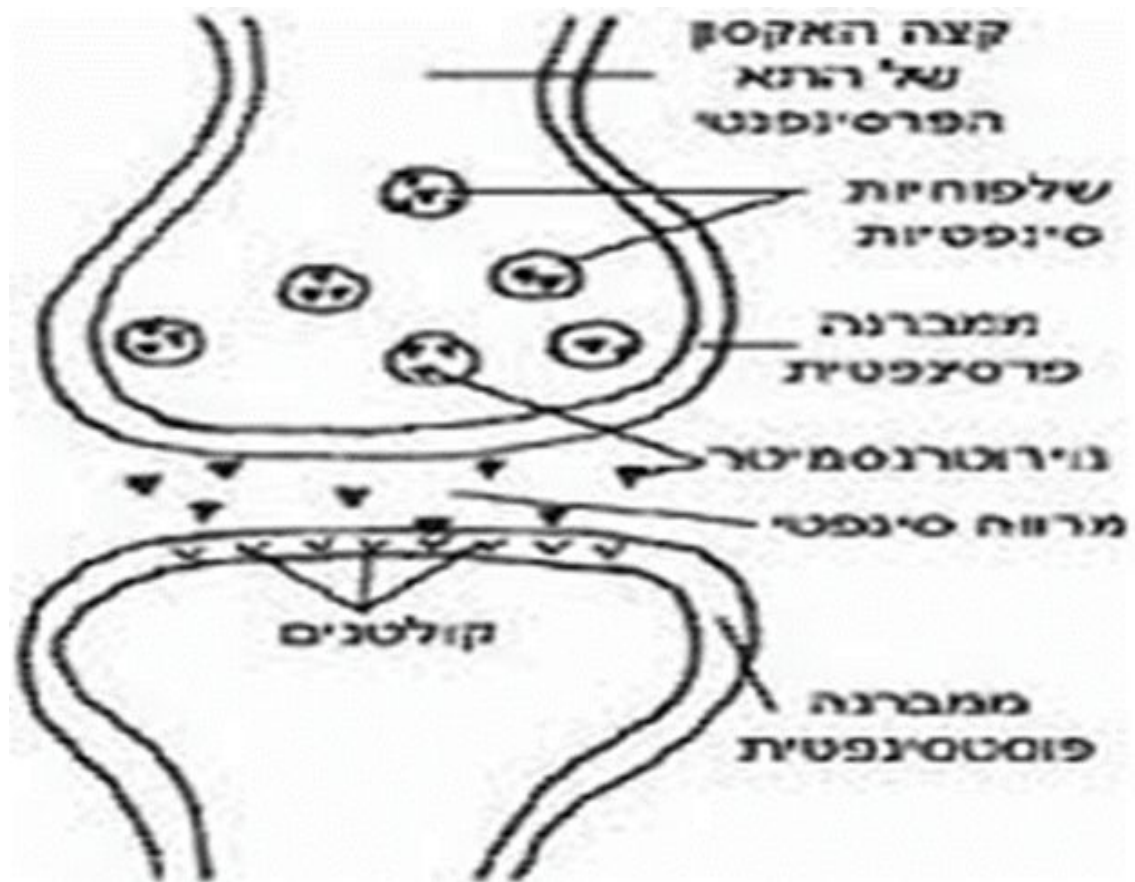
תדירות הדחפים נקבעת על ידי עוצמת הגירוי ומוגבלת על ידי התקופה הרפרקטורית.



העברת הדחף העצבי דרך הסינפסה

סינפסה היא אזור הקשר שבין שני תאי עצב או בין תא עצב לתא שריר או תאים אחרים.





תא פרסינפטי

תא פוסטסינפטי

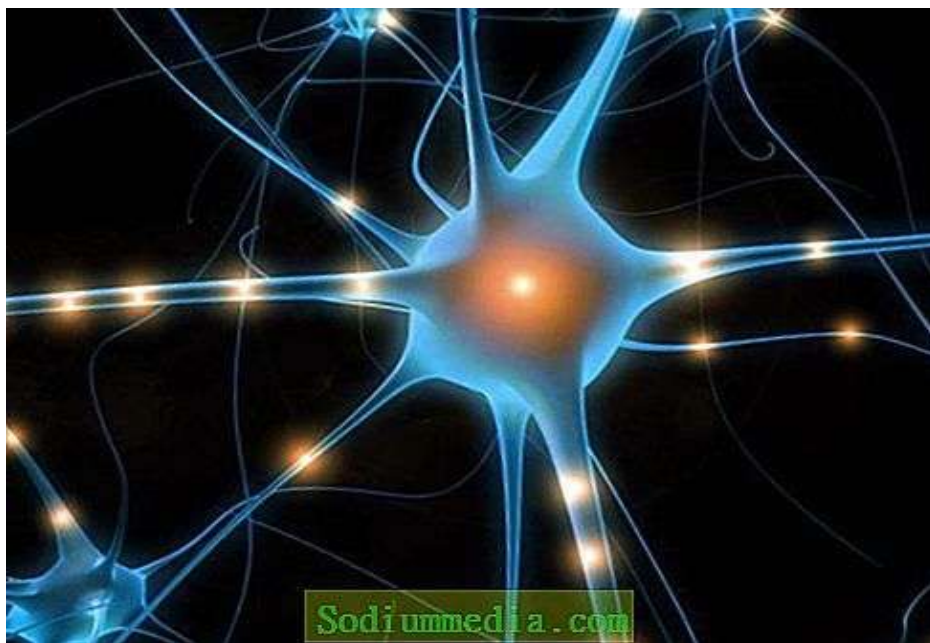
כל תא עצב מכיל נוירותרנסמיטר מסוג אחר, שפעולתו על נוירונים מסוגים שונים איננה אחידה.

****בסינפסות שבין תאי עצב לשרירי שלד הנוירותרנסמיטר הוא – אצטילכולין Ach**

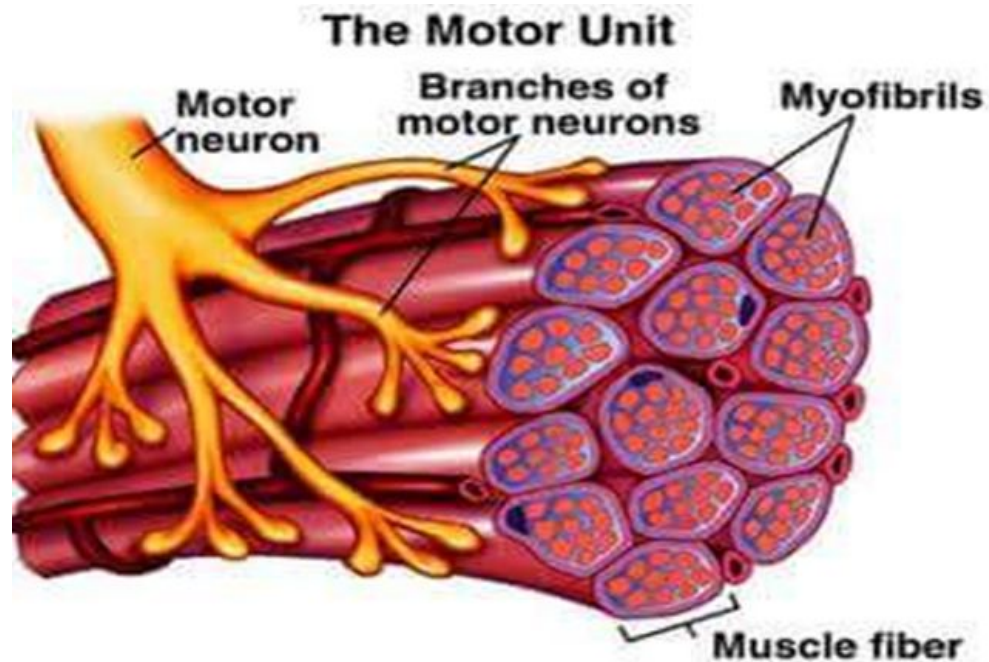


גוף התא הפוסטסינפטי מסכם את המתחים שהגיעו מכל הסינפסות שעליו.

אם המתח המסתכם הוא על-סיפי (מעל הסף),
יתפתח פוטנציאל פעולה בתא הפוסטסינפטי.



תגובת השריר לגירוי **האצטילכולין** מתבטאת בשינויים בחדירות ממברנת השריר ליונים, בשינוי מתחים בשריר, בהתפשטות הדחף ולבסוף בהתכווצות השריר.

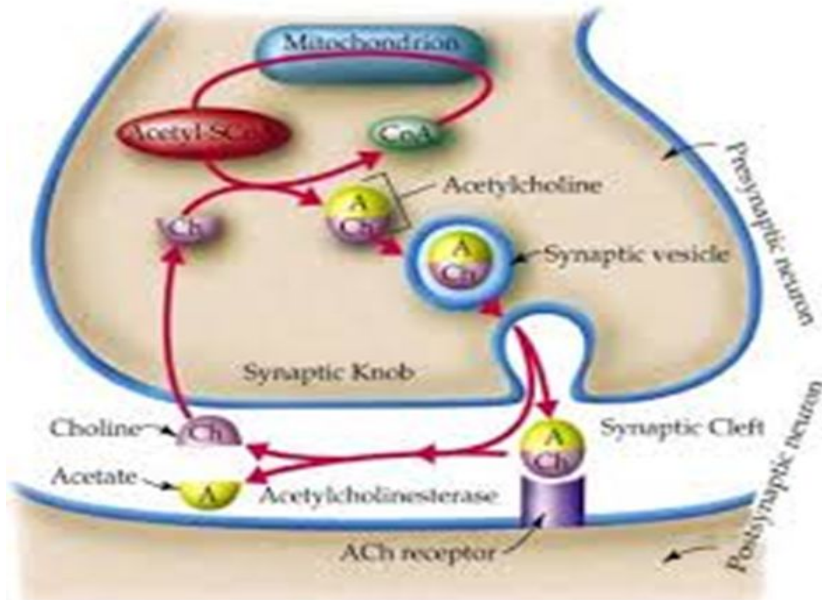


אצטילכולין שסיים את פעולתו חוזר למרווח הסינפטי וכדי שהסינפסה תוכל להמשיך לתפקד יש לסלק את האצטילכולין מהמרווח הסינפטי על מנת שלא יתחבר פעם נוספת לקולטן ויגרום לגירוי רציף.



דבר זה מתאפשר על ידי האנזים – **אצטילכולין אסטרז** המצוי במרווח הסינפטי ושתפקידו לפרק את האצטילכולין לאצטיל ולכולין.

מרכיביו של האצטילכולין חוזרים וחוזרים בחזרה לשלפוחיות הפרסינפטיות, ושם עוברים סינתזה – חיבור מחדש.



<http://www.youtube.com/watch?v=p5zFgT4aofA>



לסיכום איך מועבר הדחף העצבי דרך הסינפסה?

1. דחף עצבי מגיע לממברנה הפרסינפטית.
2. מהשלפוחיות הסינפטיות מופרש הנוירורנסמיטר ומשתחרר אל המרווח הסינפטי.
3. הנוירורנסמיטר נקשר אל קולטנים מיוחדים המצויים על הממברנה הפוסטסינפטית.

4. הדחף החשמלי עובר אל התא הפוסטסינפטי.

5. האצטילכולין חוזר למרווח הסינפטי.

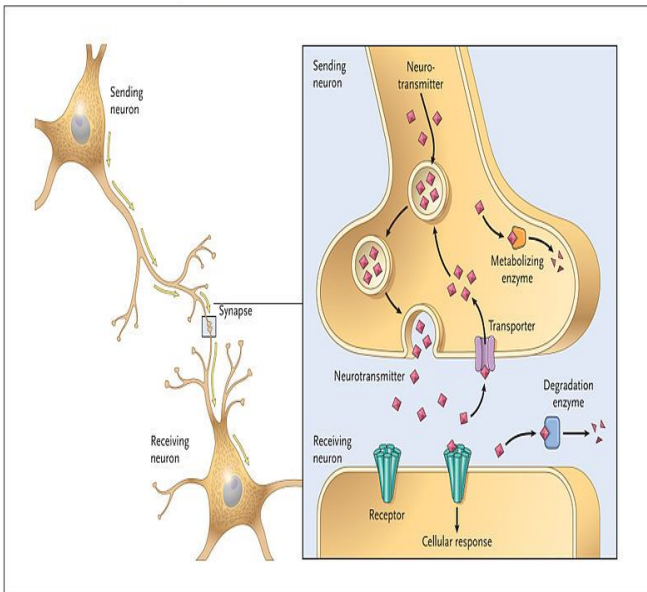
6. אצטילכולין אסתרז – מפרק את האצטילכולין לאצטיל ולכולין.

7. המרכיבים חוזרים לצד הפרסינפטי, נכנסים לשלפוחיות

ומתחברים יחד בחזרה.

העברת האות בסינפסה נעשית באופן כימי על ידי הנוירורנסמיטר ובכיוון אחד בלבד.

Generic Neurotransmitter System



** האינדיאנים נהגו למרוח על חיציהם **רעל** אשר גורם לחסימת מעבר הדחף בסינפסות עצב-שריר.

מבנה הרעל דומה לאצטילכולין.

הרעל מתחבר לקולטן בממברנה הפוסטסינפטית אך, אינו מפעיל אותו(כמו האצטילכולין) ולכן גורם לשיתוק השריר.



תגובת רפלקס – פעילות החזרית

מערכת העצבים, כמערכת בקרה, קולטת אינפורמציה, מעבדת אותה ומגיבה בהתאם.

<http://www.youtube.com/watch?v=K7FEm8JnV-s>



ודאי מוכרת לכם התנועה בתמונה, של פשיטת הברך – יישור הרגל הנעשית במהירות גבוהה מאוד, כתגובה למכה בגיד שריר הארבע ראשי מתחת לפיקת הברך.

דוגמה זו מתארת תבנית של גירוי ותגובה המכונה **תגובת רפלקס**.



שני מנגנוני רפלקס:

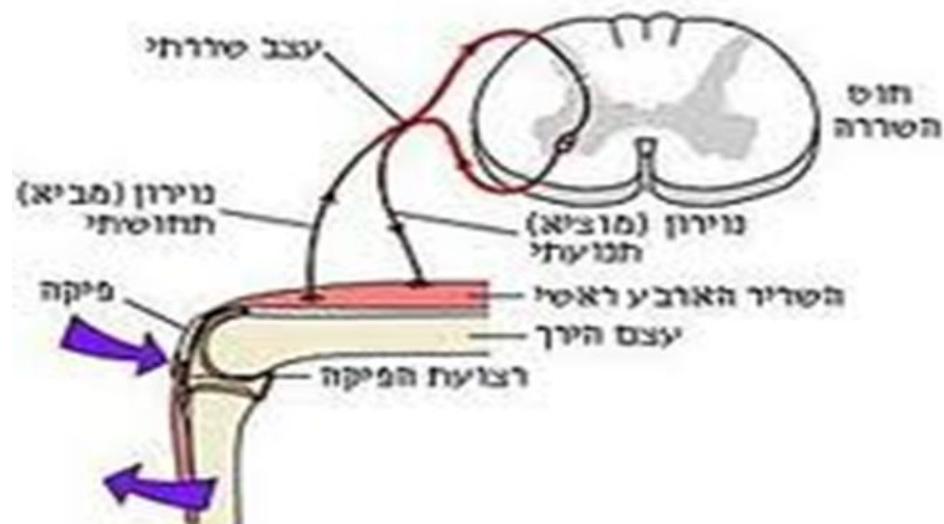
1. מנגנון הרפלקס הפשוט.

2. מנגנון רפלקס הרתיעה.



מנגנון הרפלקס הפשוט כולל:

- *קולטן הקולט את הגירוי.
- *נוירון תחושתי המעביר את המידע למוח השדרה.
- *מוח השדרה בו נעשה עיבוד המידע.
- *נוירון מוטורי – הנותן הוראת פעולה לאפקטור – לשריר.



2. מנגנון רפלקס הרתיעה כולל:

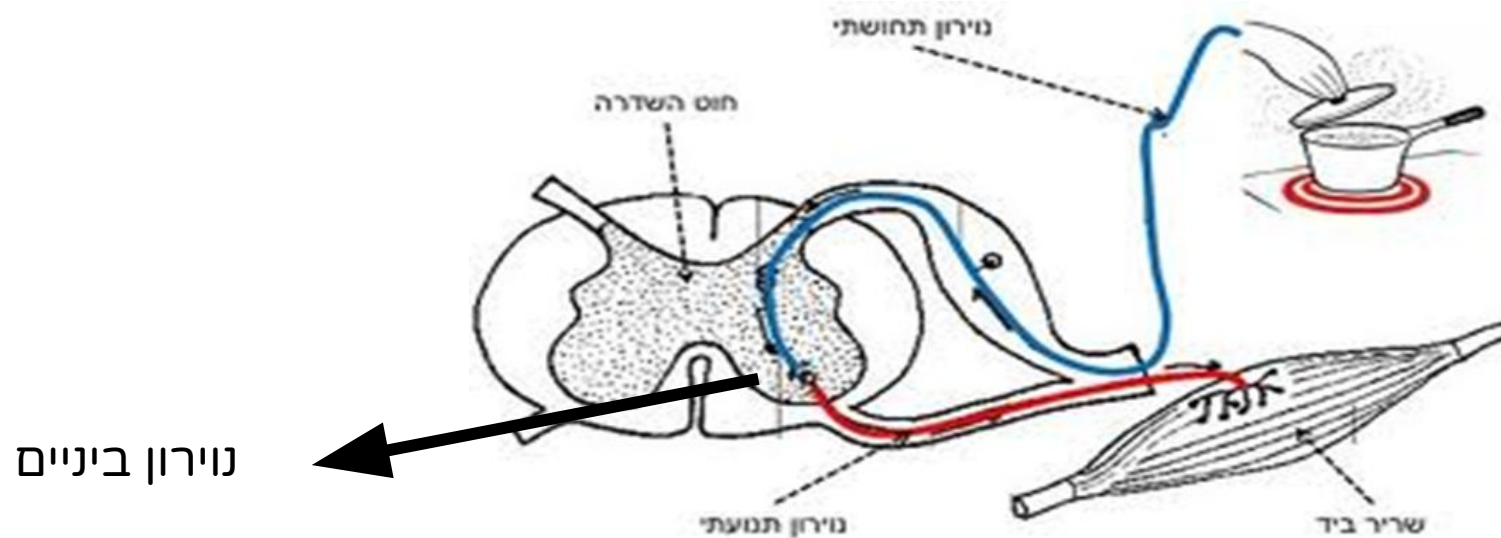
*קולטן הקולט את הגירוי.

*נוירון תחושתי.

*מוח השדרה – בו עובר המידע עיבוד.

*נוירון ביניים – בו עובר המידע עיבוד.

*נוירון מוטורי.



נוירון ביניים

בקשתות הרפלקס מועב מידע גם למוח.
המוח יכול לתת הוראה להגיב בצורה שונה.
ההוראות מהמוח נובעות בחלקן מתהליכי למידה.



שינויים במבנה ובפעולת מערכת העצבים

במהלך הזדקנות האדם חל :

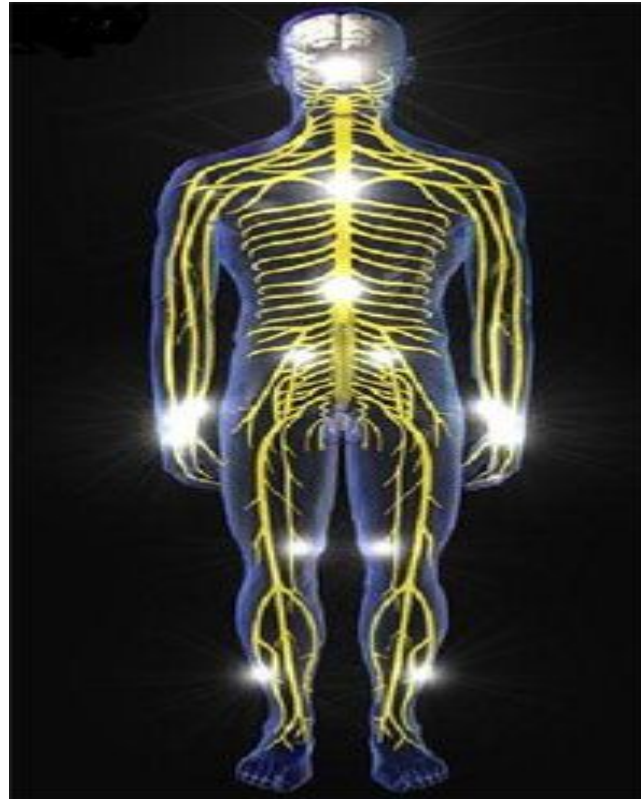
1. איבוד של כ- 37% מהאקסונים שבמוח השדרה.
2. ירידה של כ- 10% במהירות הולכת הדחף העצבי.
3. האטה בזמן תגובה ובמהירות התנועה.

** זמן תגובה ומהירות תנועה משתפרים בכל הגילאים כתוצאה מאימון, ולכן פעילות גופנית סדירה תמתן את דעיכת התכונות הללו בגיל מבוגר.



סרטון לסיכום

[http://www.youtube.com/
watch?v=iid8Q1TvOSI&fe
ature=emb_logo](http://www.youtube.com/watch?v=iid8Q1TvOSI&feature=emb_logo)





שאלות לסיכום

1. כיצד פועל חוק "הכל או לא כלום" ביחידה מוטורית?
2. מהם הגורמים הקובעים את מהירות העברת הדחף העצבי בסיב עצב מסוים?
3. מהי סינפסה? מהם מרכיביה וכיצד מועבר הדחף העצבי בסינפסה?
4. מהו רפלקס וכיצד פועל.
5. כיצד משפיעה ההזדקנות על מערכת העצבים?

בהצלחה

מדינת ישראל
משרד החינוך



נוהל שימוש ביצירות מוגנות בזכויות יוצרים ואיתור בעלי זכויות

השימוש ביצירות במהלך שידור זה נעשה לפי סעיף 27א לחוק זכות יוצרים, תשס"ח-2007. אם הינך בעל הזכויות באחת היצירות, באפשרותך לבקש מאיתנו לחדול מהשימוש ביצירה, זאת באמצעות פנייה לדוא"ל rights@education.gov.il