

סמינר מדעי המוח א'

סיכום למבחן

אורין לוי

28 בינואר 2026

תוכן העניינים

3	1 יונים, גרדיאנטים ופוטנציאל הממברנה
3	1.1 מושגים בסיסיים
3	1.2 שני הכוחות הפועלים על יונים
3	1.3 הנחה חשובה במצב מנוחה
3	1.4 הרכב יוני כללי - "Salt Water Outside"
4	1.5 טבלת סיכום: ריכוזים, כוחות ו- E_{ion}
4	1.6 הגרדיאנט האלקטרוכימי
4	1.7 משוואת נרנסט – פוטנציאל שיווי-משקל של יון
4	1.7.1 פירוש הסימנים
4	1.7.2 קשר בין נרנסט למתח הממברנה
5	1.8 חדירות הממברנה (Permeability)
5	1.9 משאבת נתרן--אשלגן ($Na^+/K^+-ATPase$)
5	1.10 יונים ומולקולות שאינם חוצים את הממברנה
6	1.11 חיבור למשוואת GHK
6	1.12 שורה למבחן
6	1.13 משוואת Goldman--Hodgkin--Katz (GHK)
6	1.13.1 פירוש רכיבי המשוואה
6	2 פוטנציאלים מדורגים, פוטנציאל פעולה ואינטגרציה סינפטית
6	2.1 שלושה סוגי פוטנציאלים
7	2.2 פוטנציאל מדורג (Graded potential)
7	2.3 EPSP ו-IPSP
7	2.4 GABA – עיכוב סינפטי: $GABA_A$ ו- $GABA_B$
7	2.4.1 השוואה בין רצפטורי GABA
7	2.4.2 $GABA_A$ – תעלות כלור (Cl^-)
8	2.4.3 $GABA_B$ – תעלות אשלגן (K^+)
8	2.4.4 שורה למבחן
8	2.5 סכימה עצבית (Summation)
8	2.6 פוטנציאל פעולה (Action Potential)
9	2.7 סף העירור (Threshold)
9	2.8 שלבי פוטנציאל הפעולה
9	2.9 התקופה הרפרקטורית
9	2.10 למה נורטרנסמיטר לא יוצר פוטנציאל פעולה ישירות
9	2.11 קידוד עוצמה

9	פוטנציאל מדורג, פוטנציאל פעולה והולכה לאורך האקסון	3
9	שלושה סוגי פוטנציאלים	3.1
10	פוטנציאל מדורג: EPSP ו-IPSP	3.2
10	למה נזרטרנסמיטר לא "מייצר" פוטנציאל פעולה?	3.3
11	פוטנציאל פעולה – גרף ושלבים	3.4
11	3.4.1 הסטייה הקטנה לאחר ההיפר-פולריזציה	3.4.1
12	תקופה רפרקטורית: מוחלטת ויחסית	3.5
12	הולכה לאורך האקסון	3.6
12	נוירואנטומיה: מנחים, חתכים ומבנים מרכזיים	4
12	מנחים אנטומיים (Directional Terms)	4.1
12	מבטים חיצוניים על המוח (Views)	4.2
13	חתכים במוח (Sections / Planes)	4.3
13	המיספרות וקישוריות	4.4
13	המוח הקטן – Cerebellum	4.5
13	גזע המוח (Brainstem)	4.6
13	קליפת המוח: Sulci ו-Gyri	4.7
14	חדרי המוח ו-CSF	4.8
14	קרומי המוח (Meninges)	4.9
14	נוירואנטומיה בסיסית: מנחים, חתכים ומבנים מרכזיים	5
14	CNS ו-PNS	5.1
14	למה מנחים וחתכים חשובים	5.2
14	מנחים אנטומיים (Directional terms)	5.3
15	מבטים על המוח (Views)	5.4
15	חתכים במוח (Sections) / (Planes)	5.5
16	מבנים מרכזיים: תלמוס מול צרבלום ("האגוזים")	5.6
16	טעויות נפוצות במבחן	5.7

1 יונים, גרדיאנטים ופוטנציאל הממברנה

1.1 מושגים בסיסיים

- יון – אטום או מולקולה בעלי מטען חשמלי כתוצאה מאיבוד או קבלת אלקטרונים.
- קטיון (cation) – יון בעל מטען חיובי (כגון Na^+ , K^+).
- אניון (anion) – יון בעל מטען שלילי (כגון Cl^-).
- דיפוזיה (diffusion) – תנועה ספונטנית מריכוז גבוה לריכוז נמוך, ללא השקעת אנרגיה.
- כוח חשמלי – משיכה או דחייה הפועלת על יון בהתאם למטענו ולמתח הממברנה.
- שיווי-משקל של יון – מצב שבו אין זרימה נטו של אותו יון דרך הממברנה, אף שייתכן מעבר דו-כיווני מתמיד.

1.2 שני הכוחות הפועלים על יונים

על כל יון הפועל בסביבת ממברנה תאית פועלים תמיד שני כוחות:

- הכוח הכימי (גרדיאנט ריכוזים) – תלוי אך ורק בהפרש הריכוזים של היון בין פנים התא לחוץ התא.

- הכוח החשמלי – תלוי במטען היון ובמתח החשמלי על פני הממברנה.

כיוון ועוצמת הזרימה בפועל נקבעים על-ידי השילוב של שני הכוחות יחד, המכונה הגרדיאנט האלקטרוכימי.

1.3 הנחה חשובה במצב מנוחה

במצב מנוחה של הנוירון:

$$V_m \approx -70 \text{ mV}$$

כלומר, פנים התא שלילי יחסית לסביבה החוץ-תאית.
מכאן נובע:

- קטיונים נמשכים פנימה ע"י הכוח החשמלי.
- אניונים נדחים החוצה ע"י הכוח החשמלי.

1.4 הרכב יוני כללי - "Salt Water Outside"

באופן אינטואיטיבי ניתן לזכור כי: הנוזל החוץ-תאי הוא "מלוח". [cite: 32, 44]
משמעות הדבר: [cite: 31, 33]

- ריכוז Na^+ ו- Cl^- גבוה יותר מחוץ לתא. [cite: 31, 38, 41]

- ריכוז K^+ גבוה יותר בתוך התא. [cite: 31, 36, 43]

הרכב זה הוא הבסיס לגרדיאנטים הכימיים של היונים, ולערכי פוטנציאל שיווי-המשקל שלהם.

1.5 טבלת סיכום: ריכוזים, כוחות ו- E_{ion}

יין	מטען	ריכוז גבוה	כוח כימי	כוח חשמלי במנוחה	E_{ion}
Na^+	חיובי	חוץ-תאי	פנימה	פנימה	+55 mV
K^+	חיובי	תוך-תאי	החוצה	פנימה	-80 mV
Cl^-	שלילי	חוץ-תאי	פנימה	החוצה	-70 mV

טבלה 1: כיווני הכוחות וערכי שיווי-משקל של יונים עיקריים בנוירון.

1.6 הגרדיאנט האלקטרוכימי

הגרדיאנט האלקטרוכימי הוא הכוח הכולל הפועל על יון, והוא שילוב של:

- הגרדיאנט הכימי (ריכוזים)

- הגרדיאנט החשמלי (מתח ומטען)

כאשר שני הכוחות פועלים באותו כיוון – הזרימה חזקה. כאשר הם פועלים בכיוונים מנוגדים – ייתכן שיווי-משקל.

1.7 משוואת נרנסט – פוטנציאל שיווי-משקל של יון

משוואת נרנסט מחשבת את פוטנציאל שיווי-המשקל של יון יחיד:

$$E_{ion} = \frac{RT}{zF} \ln \left(\frac{[ion]_{out}}{[ion]_{in}} \right)$$

זהו המתח שבו הכוח הכימי והכוח החשמלי מאזנים זה את זה, ולכן אין זרימה נטו של היום.

1.7.1 פירוש הסימנים

- E_{ion} – פוטנציאל שיווי-המשקל של היום.

- R – קבוע הגזים, T – טמפרטורה מוחלטת, F – קבוע פאראדיי.

- z – מטען היום (+1 ל- Na^+ ול- K^+ , -1 ל- Cl^-).

- $[ion]_{out/in}$ – ריכוז היום מחוץ ובתוך התא.

1.7.2 קשר בין נרנסט למתח הממברנה

- אם $V_m = E_{ion}$ – אין זרימה נטו של היום.

- אם $V_m \neq E_{ion}$ – קיים דחף אלקטרוכימי לזרימה, בתנאי שקיימת תעלה פתוחה.

1.8 חדירות הממברנה (Permeability)

לא כל היונים חוצים את הממברנה באותה מידה. **חדירות** מתארת את מספר וסוג התעלות הפתוחות עבור כל יון.

במצב מנוחה:

$$P_K \gg P_{Na} > P_{Cl}$$

משמעות:

- קיימות הרבה יותר תעלות פתוחות ל- K^+ .
- לכן K^+ הוא היון הדומיננטי בקביעת פוטנציאל המנוחה.
- כתוצאה מכך:

$$V_m \approx E_K$$

1.9 משאבת נתרן--אשלגן (Na^+/K^+ -ATPase)

משאבת נתרן--אשלגן היא משאבה אקטיבית המשתמשת ב-ATP כדי לשמור על מפלי הריכוזים של K^+ ו- Na^+ .

בכל מחזור פעולה:

- מוציאה **3 יוני Na^+** אל מחוץ לתא.

- מכניסה **2 יוני K^+** אל תוך התא.

מאפיינים חשובים:

- המשאבה פועלת נגד מפל הריכוזים.

- היא **אלקטרוגנית** – מוציאה יותר מטען חיובי משהיא מכניסה.

- תרומתה למתח הממברנה קטנה אך קיימת.

תפקידה העיקרי:

- שמירה על מפלי הריכוזים שעליהם מבוססים נרנסט ו-GHK.

- אפשרות לקיום מתמשך של פוטנציאלי פעולה.

שורת מבחן: המשאבה אינה יוצרת פוטנציאל פעולה, אלא מאפשרת למערכת החשמלית לפעול לאורך זמן.

1.10 יונים ומולקולות שאינם חוצים את הממברנה

הממברנה אינה חדירה ליונים גדולים ולחלבונים טעונים שלילית (A^-), הכלואים בתוך התא. חלבונים אלו:

- תורמים לשליליות הפנימית של התא.
- משפיעים בעקיפין על פיזור שאר היונים.

1.11 חיבור למשוואת GHK

מתח הממברנה בפועל (V_m) נקבע ע"י:

- מספר יונים יחד (Cl^- , K^+ , Na^+)

- הגרדיאנטים האלקטרוכימיים שלהם

- החדירות היחסיות של הממברנה לכל יון

לכן משתמשים במשוואת Goldman--Hodgkin--Katz, ולא במשוואת נרנסט בלבד.

1.12 שורה למבחן

נרנסט – יון אחד. GHK – כל היונים יחד + חדירות. פוטנציאל פעולה – שינוי דינמי בזמן של V_m .

1.13 משוואת Goldman--Hodgkin--Katz (GHK)

משוואת GHK מחשבת את פוטנציאל הממברנה בפועל (V_m) כאשר הממברנה חדירה למספר יונים במקביל, וכל יון נשקל לפי החדירות היחסיות שלו.

$$V_m = \frac{RT}{F} \ln \left(\frac{P_{Na}[Na^+]_{out} + P_K[K^+]_{out} + P_{Cl}[Cl^-]_{in}}{P_{Na}[Na^+]_{in} + P_K[K^+]_{in} + P_{Cl}[Cl^-]_{out}} \right)$$

1.13.1 פירוש רכיבי המשוואה

- V_m – פוטנציאל הממברנה.

- R – קבוע הגזים.

- T – טמפרטורה מוחלטת.

- F – קבוע פאראדיי.

- P_{ion} – חדירות הממברנה ליון מסוים.

- $[ion]_{out/in}$ – ריכוז היון מחוץ ובתוך התא.

מדוע Cl^- מופיע הפוך? מכיוון ש- Cl^- הוא יון שלילי, וכיוון הכוח החשמלי הפועל עליו הפוך.
שורת מבחן: נרנסט מחשבת מה קורה עם יון אחד בלבד. GHK מחשבת מה קורה בפועל בתא, עם כל היונים יחד.

2 פוטנציאלים מדורגים, פוטנציאל פעולה ואינטגרציה סינפטית

2.1 שלושה סוגי פוטנציאלים

בנירון קיימים שלושה סוגי שינויים במתח הממברנה:

- פוטנציאל מנוחה (Resting potential)

- פוטנציאל מדורג (Graded potential)

- פוטנציאל פעולה (Action Potential, AP)

2.2 פוטנציאל מדורג (Graded potential)

פוטנציאל מדורג הוא שינוי מקומי וזמני ב- V_m , הנגרם ע"י פתיחה של תעלות תליות-ליגנד (לרוב בעקבות נויורטרנסמיטר). מאפיינים מרכזיים:

- **מדורג** – עוצמת השינוי תלויה בעוצמת הגירוי.
 - **דועך עם מרחק** – אינו מתפשט לאורך כל האקסון.
 - יכול להיות:
 - **דה-פולריזציה** – פחות שלילי (מעורר)
 - **היפר-פולריזציה** – יותר שלילי (מעכב)
- חשוב למבחן:** פוטנציאל מדורג לא obeys חוק "הכול או כלום".

2.3 EPSP ו-IPSP

- **EPSP** (Excitatory Postsynaptic Potential) – דה-פולריזציה פוסט-סינפטית, מקרבת את התא לסף העירור.
- **IPSP** (Inhibitory Postsynaptic Potential) – היפר-פולריזציה פוסט-סינפטית, מרחיקה את התא מסף העירור.

דוגמאות יוניות נפוצות:

- EPSP: פתיחת תעלות Na^+ (לרוב דרך רצפטורים לגלוטמט).
- IPSP: פתיחת תעלות Cl^- (GABA_A) או K^+ (GABA_B).

2.4 GABA – עיכוב סינפטי: GABA_A ו- GABA_B

GABA (Gamma-Aminobutyric Acid) הוא הנוירטרנסמיטר **המעכב הראשי** במערכת העצבים המרכזית. ל-GABA שני סוגי רצפטורים עיקריים, בעלי מנגנון שונה אך תוצאה משותפת: **הקטנת הסיכוי ליצירת פוטנציאל פעולה**.

2.4.1 השוואה בין רצפטורי GABA

רצפטור	סוג רצפטור	תעלה	מהירות	מנגנון עיכוב
GABA_A	יונורופי	Cl^-	מהיר	Shunting / היפר-פולריזציה
GABA_B	מטבורופי (GPCR)	K^+ (בעקיפין)	איטי	היפר-פולריזציה

טבלה 2: השוואה בין סוגי רצפטורי GABA והאופן שבו הם יוצרים IPSP.

2.4.2 GABA_A – תעלות כלור Cl^-

קשירת GABA ל- GABA_A פותחת **תעלות Cl^-** ויוצרת **IPSP מהיר**. חשוב:

- גם אם $E_{Cl} \approx V_m$, פתיחת תעלות Cl^- עדיין מעכבת.
- הסיבה: **inhibition Shunting** – עלייה במוליכות הממברנה ש"מנקזת" ים-EPSP נכנסים. כלומר, העיכוב אינו חייב להיות שינוי גדול במתח, אלא הקטנת ההשפעה של גירויים מעוררים.

2.4.3 $GABA_B$ – תעלות אשלגן K^+

$GABA_B$ הוא רצפטור מטבוטרופי הפועל דרך שליחים שניוניים. קשירת $GABA$ גורמת ל:

- פתיחה עקיפה של תעלות K^+ .
- יציאת K^+ מהתא.
- היפר-פולריזציה ברורה של הממברנה.

מאפיינים:

- איטי יותר מ- $GABA_A$.
- ממושך יותר.
- מרחיק את התא מסף העירור.

2.4.4 שורה למבחן

$GABA_A$ – עיכוב מהיר דרך Cl^- (Shunting). $GABA_B$ – עיכוב איטי דרך K^+ . שניהם יוצרים IPSP ומקטינים את הסיכוי לפוטנציאל פעולה.

2.5 סכימה עצבית (Summation)

פוטנציאלים מדורגים יכולים להצטבר:

- **סכימה בזמן** (Temporal summation) – גירויים חוזרים מאותה סינפסה.
 - **סכימה במרחב** (Spatial summation) – גירויים מכמה סינפסות שונות.
- ההחלטה האם ייווצר פוטנציאל פעולה מתקבלת ב-hillock axon.

2.6 פוטנציאל פעולה (Action Potential)

פוטנציאל פעולה הוא שינוי חד ומהיר ב- V_m , המתפשט לאורך האקסון. מאפיינים מרכזיים:

- obeys חוק "הכול או כלום".
- גודל קבוע – אינו תלוי בעוצמת הגירוי.
- מתפשט ללא דעיכה.

2.7 סף העירור (Threshold)

- סף עירור טיפוסי: -55 mV .
- חציית הסף גורמת לפתיחה מאסיבית של תעלות Na^+ תלויות-מתח.
- נוצר **משב חיובי** \rightarrow דה-פולריזציה מהירה.

2.8 שלבי פוטנציאל הפעולה

1. דה-פולריזציה: פתיחת תעלות Na^+ תלויות-מתח.
2. רפולריזציה: אינאקטיבציה של Na^+ ופתיחת תעלות K^+ .
3. היפר-פולריזציה: יציאה עודפת של K^+ .

2.9 התקופה הרפרקטורית

- לאחר פוטנציאל פעולה קיימת תקופה שבה קשה או בלתי אפשרי לייצר פוטנציאל נוסף:
- **תקופה רפרקטורית מוחלטת** – לא ניתן לייצר AP נוסף (תעלות Na^+ באינאקטיבציה).
 - **תקופה רפרקטורית יחסית** – אפשרי AP, אך נדרש גירוי חזק במיוחד (היפר-פולריזציה).

2.10 למה נירוטרנסמיטר לא יוצר פוטנציאל פעולה ישירות

- נירוטרנסמיטר פותח **תעלות תלויות-ליגנד**.
 - פתיחה זו יוצרת **פוטנציאל מדורג בלבד**.
 - פוטנציאל פעולה דורש פתיחה של **תעלות Na^+ תלויות-מתח**.
 - רק כאשר סכימת ה-EPSP מביאה את V_m לסף – נוצר AP.
- שורת מבחן:** נירוטרנסמיטר **מתחיל** את האות – תעלות תלויות-מתח **יוצרות** את פוטנציאל הפעולה.

2.11 קידוד עוצמה

- עוצמת הגירוי **לא** מקודדת בגודל ה-AP.
- העוצמה מקודדת ב-**תדירות** פוטנציאלי הפעולה (Rate coding).

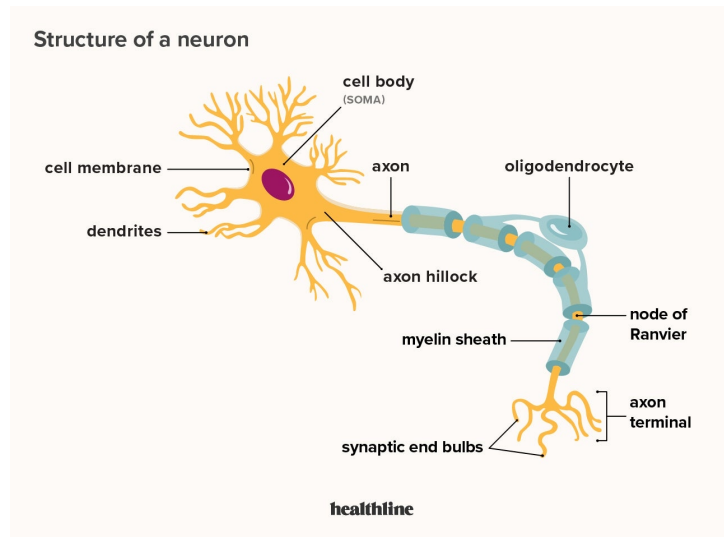
3 פוטנציאל מדורג, פוטנציאל פעולה והולכה לאורך האקסון

3.1 שלושה סוגי פוטנציאלים

בנירן קיימים שלושה סוגי שינויי מתח עיקריים:

- **Resting potential** – פוטנציאל המנוחה ($V_m \approx -70 \text{ mV}$).
- **Graded potential** – פוטנציאל מדורג (כולל EPSP ו-IPSP).

• **Action potential (AP) – פוטנציאל פעולה.**



איור 1: מבנה ניורון: דנדריטים, גוף התא, axon hillock, אקסון ומיילין

3.2 פוטנציאל מדורג: EPSP ו-IPSP

• **EPSP** (Excitatory postsynaptic potential): דה-פולריזציה שמקרבת את הממברנה לסף העירור.

• **IPSP** (Inhibitory postsynaptic potential): היפר-פולריזציה שמרחיקה את הממברנה מהסף.

• פוטנציאל מדורג הוא:

- תלוי עוצמת הגירוי.
- דועך עם מרחק מהמקור.
- יכול לעבור סכימה בזמן ובמרחב.

3.3 למה ניורטרנסמיטר לא "מייצר" פוטנציאל פעולה?

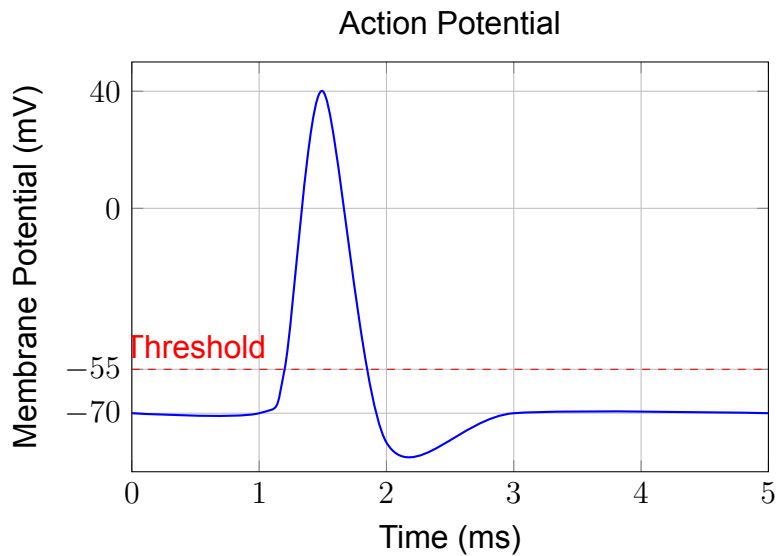
ניורטרנסמיטר נקשר לרצפטורים פוסט-סינפטיים ופותח לרוב **תעלות תליות-ליגנד**, ולכן הוא יוצר **פוטנציאל מדורג בלבד**.

רק אם סכימה מרחבית/זמנית של EPSP-ים מביאה את **axon hillock** אל **סף העירור**, נפתחות תעלות Na^+ **תליות-מתח**.

פתיחת תעלות Na^+ תליות-מתח יוצרת **משוּב חיובי תלוי-מתח**, שהוא התנאי ההכרחי ליצירת **פוטנציאל פעולה**.

שורת מבחן: ניורטרנסמיטר יכול להתחיל את התהליך, אבל לא מייצר בעצמו פוטנציאל פעולה.

3.4 פוטנציאל פעולה – גרף ושלבים



3.4.1 הסטייה הקטנה לאחר ההיפר-פולריזציה

לאחר שלב ההיפר-פולריזציה, לעיתים נצפית סטייה קטנה וזמנית של המתח מעל פוטנציאל המנוחה ("גבעה קטנה").

תופעה זו נובעת מכך ש:

- תעלות K^+ תלויות-מתח אינן נסגרות בזמן.
- סגירתן מתרחשת באופן איטי והדרגתי.
- כתוצאה מכך, יציאת K^+ פוחתת בהדרגה, והמתח יכול לעבור מעט מעל ערך המנוחה לפני התייצבות.

חשוב להדגיש:

• זו אינה פעילות סינפטית.

• זו אינה פתיחת תעלות Na^+ .

• זו אינה יצירת פוטנציאל מדורג או פעולה נוסף.

מדובר בתהליך פיזיקלי של חזרה לשיווי-משקל הנובע מדינמיקה של תעלות יוניות.
שורת מבחן: הגבעה הקטנה לאחר ההיפר-פולריזציה נגרמת מסגירה איטית ולא סימולטנית של תעלות K^+ , וגורמת לסטייה זמנית של המתח מעל פוטנציאל המנוחה.
שלבי פוטנציאל הפעולה:

- **Depolarization:** פתיחת תעלות Na^+ תלויות-מתח → כניסת Na^+ .
- **Repolarization:** אינאקטיבציה של Na^+ + פתיחת תעלות K^+ → יציאת K^+ .
- **Hyperpolarization:** יציאת K^+ מוגברת → מתח שלילי מהרגיל.

3.5 תקופה רפרקטורית: מוחלטת ויחסית

- **תקופה רפרקטורית מוחלטת:** במהלך הדה-פולריזציה והרפולריזציה. תעלות Na^+ נמצאות באינאקטיבציה → **לא ניתן** לייצר פוטנציאל פעולה נוסף.
- **תקופה רפרקטורית יחסית:** בשלב ההיפר-פולריזציה. **ניתן** לייצר פוטנציאל פעולה, אך נדרש גירוי חזק יותר.

3.6 הולכה לאורך האקסון

- פוטנציאל פעולה מתקדם **בכיוון אחד בלבד** (עקב התקופה הרפרקטורית).
 - **מיילין** → הולכה סלטטורית (saltatory) בין Nodes of Ranvier.
 - **קוטר אקסון גדול יותר** → התנגדות פנימית נמוכה יותר → מהירות הולכה גבוהה יותר.
- שורת מבחן:** ברגע שפוטנציאל פעולה התחיל – הוא יגיע לסוף האקסון.

4 נוירואנטומיה: מנחים, חתכים ומבנים מרכזיים

4.1 מנחים אנטומיים (Directional Terms)

המונחים מתארים מיקום יחסי במוח.

- **Anterior / Rostral** – קדמי, לכיוון האף.
 - **Posterior / Caudal** – אחורי, לכיוון העורף.
 - **Dorsal** – עליון (במוח האנושי).
 - **Ventral** – תחתון.
 - **Medial** – קרוב לקו האמצע.
 - **Lateral** – רחוק מקו האמצע.
- שגיאה נפוצה במבחן:** לבלבל בין dorsal/ventral לבין superior/inferior.

4.2 מבטים חיצוניים על המוח (Views)

- **Superior view** – מבט מלמעלה.
- **Inferior view** – מבט מלמטה (בסיס המוח).
- **Lateral view** – מבט מהצד.
- **Medial view** – מבט פנימי לאחר חצייה בין ההמיספרות.

4.3 חתכים במוח (Sections / Planes)

- **Coronal / Frontal** – חתך קדמי-אחורי (רואים שתי המיספרות כמו "פנים").
 - **Sagittal** – חתך ימין-שמאל.
 - **Mid-sagittal** – חתך בקו האמצע (רואים תלמוס, גזע מוח).
 - **Horizontal / Axial** – חתך עליון-תחתון ("פרוסות").
- טיפ למבחן: אם רואים מבנים מדיאליים – זה כמעט תמיד mid-sagittal.

4.4 המיספרות וקישוריות

- **Contralateral** – קלט/פלט מהצד הנגדי.
- **Ipsilateral** – אותו צד.
- כל המיספרה שולטת בעיקר על הצד הנגדי של הגוף.

4.5 המוח הקטן – Cerebellum

- נמצא מאחור ומתחת לאונות האוקסיפיטליות.
- נראה כמו "אגוז".
- אחראי על תיאום תנועה, דיוק ותזמון.
- אינו יוזם תנועה אלא משפר אותה.
- שאלה נפוצה: הצרבלום \neq גזע המוח.

4.6 גזע המוח (Brainstem)

סדר אנטומי מלמטה למעלה:

Spinal cord → Medulla → Pons → Midbrain

- **Medulla**: נשימה, קצב לב, לחץ דם.
 - **Pons**: ויסות נשימה, שינה, חיבור לצרבלום.
 - **Midbrain**: רפלקסים חזותיים/שמיעתיים ובקרת תנועה בסיסית.
- קריטי למבחן: פגיעה ב-Medulla עלולה להיות קטלנית.

4.7 קליפת המוח: Sulci ו-Gyri

- **Gyrus** – קפל.
- **Sulcus** – חריץ.
- במהלך האבולוציה: יותר קפלים → יותר שטח קורטיקלי.

4.8 חדרי המוח ו-CSF

- 4 חדרים: שני לטרליים, שלישי, רביעי.
- CSF נוצר בחדרים.
- תפקיד: הגנה, בלימת זעזועים.
- לא רואים חדרים במבט חיצוני.

4.9 קרומי המוח (Meninges)

מהחוץ פנימה:

- **Dura mater** – קשה וחיצונית.
 - **Arachnoid** – קרום אמצעי.
 - **Pia mater** – דק ונצמד למוח.
- ה-CSF נמצא ב-Subarachnoid space.

5 נוירואנטומיה בסיסית: מנחים, חתכים ומבנים מרכזיים

5.1 CNS ו-PNS

- **CNS** – מערכת העצבים המרכזית: מוח וחוט השדרה.
- **PNS** – מערכת העצבים ההיקפית: כל העצבים שמחוץ ל-CNS.

5.2 למה מנחים וחתכים חשובים

תמונות מוח (MRI, חתכים, איורים) תמיד מתוארות ביחס למנחים וחתכים. טעות בזיהוי כיוון או חתך → טעות בפרשנות השאלה.

5.3 מנחים אנטומיים (Directional terms)

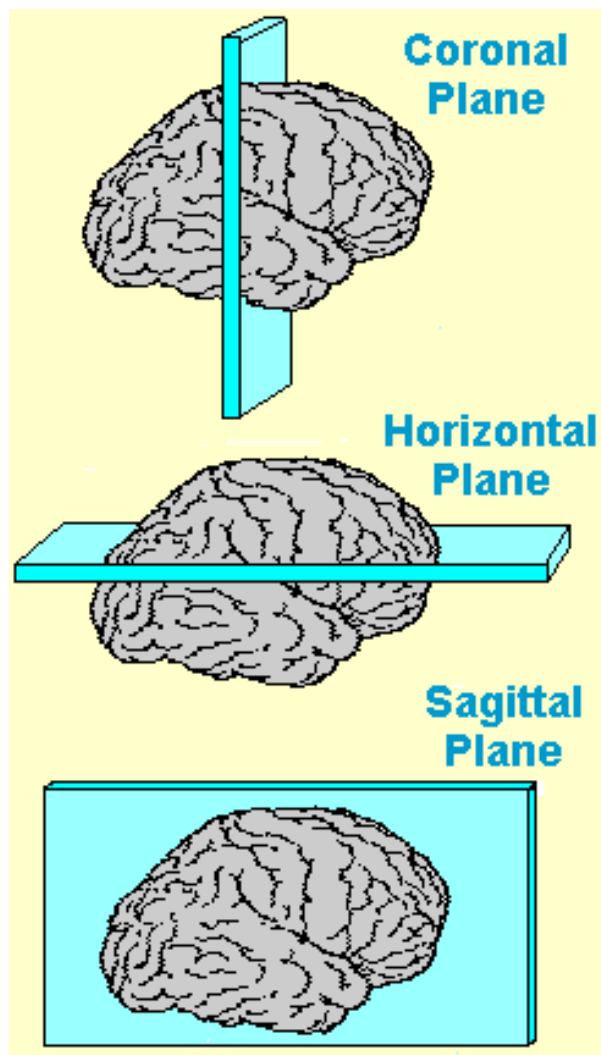
- **Anterior / Rostral** – קדמי, לכיוון האף.
- **Posterior / Caudal** – אחורי, לכיוון העורף.
- **Dorsal** – לכיוון הגב; במוח האנושי זה בקירוב **למעלה**.
- **Ventral** – לכיוון הבטן; במוח האנושי זה בקירוב **למטה**.
- **Medial** – קרוב לקו האמצע (midline).
- **Lateral** – רחוק מקו האמצע (לכיוון הצדדים).
- **Superior** – עליון.
- **Inferior** – תחתון.

5.4 מבטים על המוח (Views)

- **Lateral view** – מבט מהצד (רואים המיספרה אחת).
- **Medial view** – מבט פנימי לאחר חצייה בין ההמיספרות.
- **Superior view** – מבט מלמעלה.
- **Inferior view** – מבט מלמטה (בסיס המוח).

5.5 חתכים במוח (Planes) / Sections

- **Sagittal** – חתך ימין-שמאל.
- **Mid-sagittal** – חתך על קו האמצע → רואים מבנים מדיאליים.
- **Coronal / Frontal** – חתך קדמי-אחורי. בדרך כלל רואים שתי המיספרות יחד ("פרוסות פנים").
- **Horizontal / Axial** – חתך עליון-תחתון. נראה כמו פרוסות מלמעלה למטה.



איור 2: חתכי מוח: Horizontal, Coronal, Sagittal

5.6 מבנים מרכזיים: תלמוס מול צרבלום ("האגוזים")

- **תלמוס** (Thalamus): מבנה עמוק ומרכזי במוח. משמש כתחנת ממסר עיקרית למידע סנסורי לקורטקס.
- **צרבלום** (Cerebellum): נמצא מאחור ולמטה ("מוח קטן"), בעל קפלים צפופים. אחראי על תיאום תנועה, דיוק ותזמון (לא יוזם תנועה).

5.7 טעויות נפוצות במבחן

- בלבול בין lateral ל-medial.
- בלבול בין dorsal/ventral לבין superior/inferior.
- זיהוי חתך coronal כ-sagittal. רמז: בקורונלי לרוב רואים שתי המיספרות יחד.