

סיכום פרק מערכת העצבים

תכנית הלימודים: מערכת העצבים

רעיון מרכזי: מערכות העצבים וההורמונים משתתפות בקליטת מידע, עיבודו ותגובה עליו ומאפשרות שמירה על ההומיאוסטזיס. קליטת מידע, עיבודו ותגובה עליו מאפיינים יצור חי.

מפרט תכנים	מונחים ומושגים נוספים	הערות, הסברים
<p><u>מערכות תקשורת, ויסות ותיאום</u> <u>מערכת העצבים (10-12 שעות)</u> האדם קולט גירויים ואותות מהסביבה החיצונית והפנימית, באמצעות איברי חוש ותאי חישה, מעבד אותם ומגיב עליהם תוך תיאום בין המערכות והאיברים השונים.</p> <p><u>מסלול העברת מידע:</u> תאי חישה - תאי עצב תחושתיים - מערכת עצבים מרכזית – תאי עצב תנועתיים - תאי מטרה (שריר, בלוטה).</p> <p><u>תאי העצב (ניורונים):</u> - התאמה בין מבנה לתפקוד. - העברת אותות בתאי עצב: אות חשמלי, אות כימי. - מעבר הגירוי העצבי בין תא עצב אחד לאחר, או בין תא עצב לתא מטרה נעשה (בדרך כלל) כאות כימי בסינפסה.</p> <p><u>השפעת חומרים על מערכת העצבים:</u> -אלכוהול, סמים ותרופות כחומרים המשנים תהליכים בסינפסות</p> <p><u>מערכת העצבים המרכזית כמערכת מתאמת ומווסתת, פעולות רצוניות ובלתי רצוניות.</u> <u>המוח:</u> - המוח הגדול כבנוי משתי המיספרות. - קליפת המוח ותפקודה. - אזורים שונים בכל המיספרה אחראים על תפקודים שונים. - חלק מהעיבוד החושי וכן העיבוד המוטורי מתבצע כך שצד שמאל של המוח שולט על החלק הימני של הגוף ולהיפך. - גודל מוח/ קפלים בהשוואה למוח של בעלי חיים אחרים ומשמעות התופעה. - גזע המוח ותפקודיו. - שינוי עוצמת הקשר בין תאי העצב ומספר הסינפסות בתהליכי למידה וזיכרון.</p>	<p>תאי חישה, קולטנים (רצפטורים) ייחודיים.</p> <p>תא עצב/ניורון, אקסון, גוף התא, דנדריטים.</p> <p>דחף עצבי, ניורטרנסמיטר, סינפסה, קולטן.</p> <p>גזע המוח, המוח הגדול, המיספרות, מוח השדרה, קליפה המוח.</p> <p>רפלקס</p> <p>מערכת עצבים אוטונומית, מערכת עצבים רצונית</p>	<p>יש ללמד את הסעיף המתייחס לתאי חישה בעזרת דוגמאות מתאימות כמו: קליטת אותות מהסביבה הפנימית: רמת החומציות בדם. קליטת אותות מהסביבה החיצונית: קרינת אור.</p> <p>יש ללמד את עקרונות הפעולה של ניורטרנסמיטרים בסינפסה (הפרשה, העברה בסינפסה, קישור לקולטנים ייחודיים, תגובה ופינוי ניורטרנסמיטר) בעזרת דוגמה מתאימה.</p> <p>יש ללמד על אופן הפעולה של סמים בעזרת דוגמאות, לפי בחירתו של המורה. יש להכיר את אופן הפעולה של אלכוהול על מערכת העצבים.</p> <p>חשוב שהתלמיד ידע כי קליפת המוח הגדול אחראית לכל התהליכים ההכרתיים שלנו: חשיבה, למידה, זיכרון, שימוש בשפה ויכולת יצירה, ובה נמצאים מרכזים האחראים על הפעלת השרירים הרצוניים ומרכזים המעבדים מידע המגיע מאברי החושים.</p> <p>חשוב שהתלמיד ידע כי גזע המוח אחראי על שמירת ההומיאוסטזיס (קצב לב, לחץ דם, וויסות טמפרטורה, ועוד) ובו נמצאים מרכזים המבקרים</p>

<p>את פעולת האיברים פנימיים כגון הלב והראות. חלק גדול מהפעילויות ההומיאוסטטיות מווסתות בצורה לא רצונית.</p> <p>על התלמיד לדעת כי ניתן למפות את המוח לאזורים על פי תפקודי הגוף עליהם הם אחראים, בליווי דוגמאות מתאימות.</p> <p>בנושא השוואת מוח בני אדם למוח של בעלי חיים אחרים, יבחר המורה בעלי חיים על פי רצונו.</p> <p>אין צורך להכיר את ההבחנה בין המערכת הסימפתטית למערכת הפרה-סימפתטית.</p>		<p><u>מערכת העצבים ההיקפית ותפקודה</u></p>
--	--	---

סיכומים על פרק מערכת העצבים:

- א. מערכת העצבים – מבנה ותפקוד
- ב. הנוירונים – מבנה ותפקוד
- ג. הסינפסה וחומרים המשפיעים עליה
- ד. המוח – מבנה ותפקוד

א. מערכת העצבים – מבנה ותפקוד

מערכת העצבים המרכזית ומערכת העצבים ההיקפית

- מערכת העצבים מורכבת ממערכת מרכזית שכוללת את מוח הגולגולת ואת מוח השדרה, וממערכת היקפית שכוללת עצבים שיוצאים ממוח השדרה, מסתעפים ומגיעים לכל חלקי הגוף. מערכת העצבים ההיקפית מעבירה מידע שנקלט מהסביבה החיצונית ומתוך הגוף אל מערכת העצבים המרכזית. מערכת העצבים מעבדת את המידע ומשגרת הוראות לתגובה אל תאי המטרה (תאי שריר ותאי בלוטות הפרשה) באמצעות מערכת העצבים ההיקפית.
 - מערכת העצבים ההיקפית מורכבת מ:
 - מערכת העצבים האוטונומית, האחראית על הפעלה לא-רצונית של מערכות הגוף הפנימיות כגון מערכת הנשימה ומערכת ההובלה.
 - מערכת העצבים הרצונית, האחראית על הפעלה רצונית של שרירי השלד (לדוגמה, הפעלת שרירי הידיים והרגליים).
- [קישור להדמיה על מבנה מערכת העצבים](#)

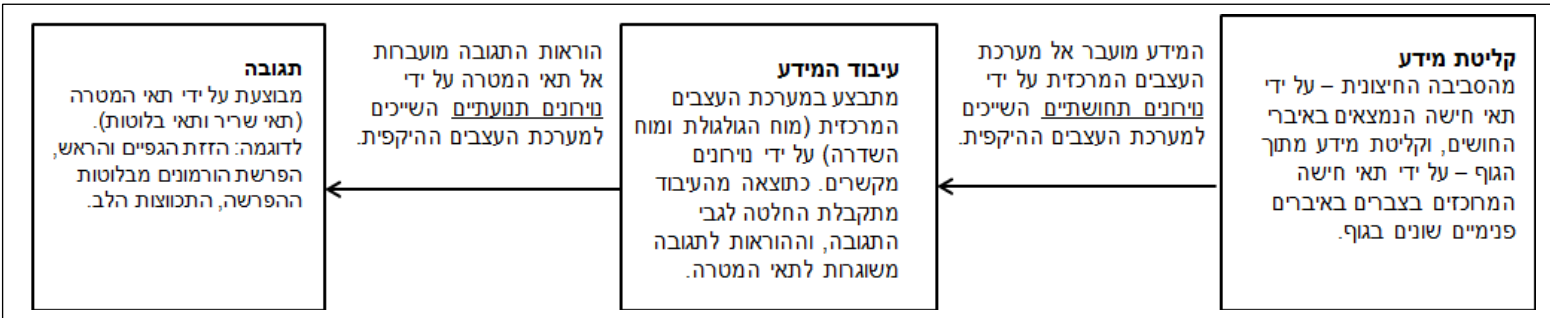
תאי העצב – הנוירונים

- יחידות הפעולה הבסיסיות של מערכת העצבים הם תאי העצב – הנוירונים. הנוירונים נחלקים לשלושה סוגים על פי תפקודם: נוירונים תחשתיים ונוירונים תנועתיים השייכים

למערכת העצבים ההיקפית, וניורונים מקשרים השייכים למערכת העצבים המרכזית. כל ניורון מעביר מידע לניורונים אחרים או לתאי שריר או לתאי בלוטות הפרשה. מידע מפורט על הניורונים ותפקודם נמצא בהמשך.

מסלול פעולת מערכת העצבים

- מסלול פעולת המערכת כולל שלושה שלבים בסיסיים: קליטת מידע, עיבוד המידע ותגובה.



קליטת מידע על ידי תאי חישה

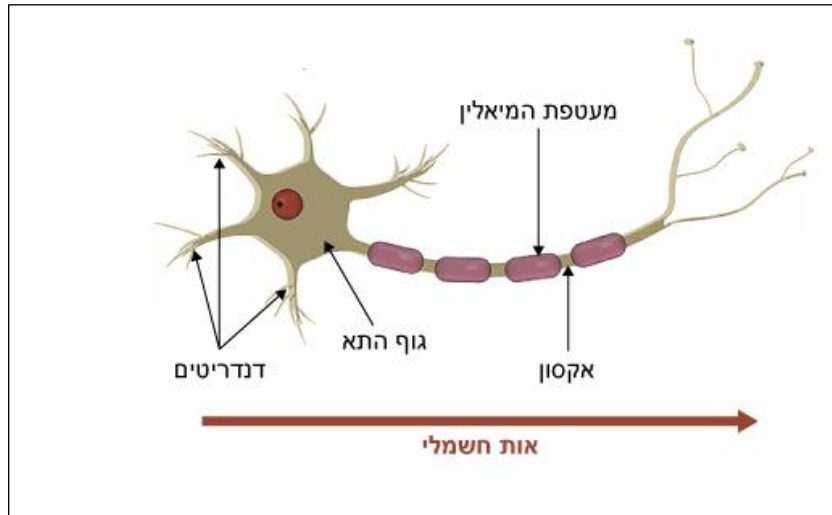
- ✓ קליטת מידע מהסביבה החיצונית ומתוך הגוף נעשית באמצעות תאי חישה שהם יחידות התפקוד הבסיסיות של כל החושים (יש סוגי מידע הנקלטים ישירות על ידי קצות העצבים התחושתיים).
- ✓ כל תא חישה מותאם לקליטת סוג מידע ספציפי (כגון אור, חום, קור, מגע, טעם, ריח) באמצעות קולטנים ייחודיים, והוא ממיר את המידע לאות עצבי המועבר על ידי העצבים התחושתיים למערכת העצבים המרכזית.
- ✓ התאים ה"מוציאים לפועל" את פקודות הפעולה שהתקבלו מהמוח וממוח השדרה הם תאי שריר או תאי בלוטה באיברים שונים בגוף. התגובות יכולות להיות רצונית או לא רצונית.
- ✓ חלק גדול מהתגובות הלא-רצונית קשורות לפעילות השוטפת של הגוף (פעולת הלב, הכליות, מערכת העיכול ושאר האיברים הפנימיים). לתגובות אלה יש חשיבות בשמירת ההומיאוסטזיס. לדוגמה: הזעה והרחבה של כלי הדם ההיקפיים כאשר הגוף מתחמם בזמן פעילות גופנית גורמות להתקררות הגוף.
- ✓ פעולת מערכת העצבים בתגובה למידע המתקבל מהסביבה החיצונית ומתוך הגוף הכרחית לשרידות, להתפתחות, לקיום החיים ולשמירה על ההומיאוסטזיס.

מונחים מהסילבוס: מערכת העצבים המרכזית, מערכת העצבים ההיקפית, מערכת העצבים האוטונומית, מערכת העצבים הרצונית, תגובה רצונית, תגובה לא-רצונית, תא עצב – ניורון (תחושתית, תנועתית או מקשר), תאי חישה, קולטנים (רצפטורים) ייחודיים.

ב. הניורונים – יחידות המבנה והתפקוד של מערכת העצבים

- ✓ יחידות הפעולה הבסיסיות של מערכת העצבים הם תאי העצב – הניורונים.
- ✓ הניורון מורכב מגוף תא, דנדריטים ואקסון שמתפצל בקצהו.
- ✓ המידע עובר במהירות רבה לאורך הניורון כאות חשמלי, הקרוי דחף עצבי (או פוטנציאל פעולה). כיוון העברת המידע הוא מהדנדריטים אל גוף התא וממנו לאורך האקסון עד לקצהו.
- ✓ המבנה המאורך של האקסון וציפוי המיאלין סביבו מאפשרים הובלה מהירה של האות החשמלי.

- ✓ הניירון יכול לקבל מידע מניירון אחר או מתא חישה, ולהעביר מידע לניירון אחר, לתא שריר או לתא בלוטה (בלוטה הורמונלית או בלוטת הפרשה חיצונית כגון בלוטת רוק). בין הניירון ובין תאי המטרה יש צומת תקשורת הקרוי סינפסה. האות מועבר במירווח הסינפטי כאות כימי. (ראו הרחבה על הסינפסה בהמשך).



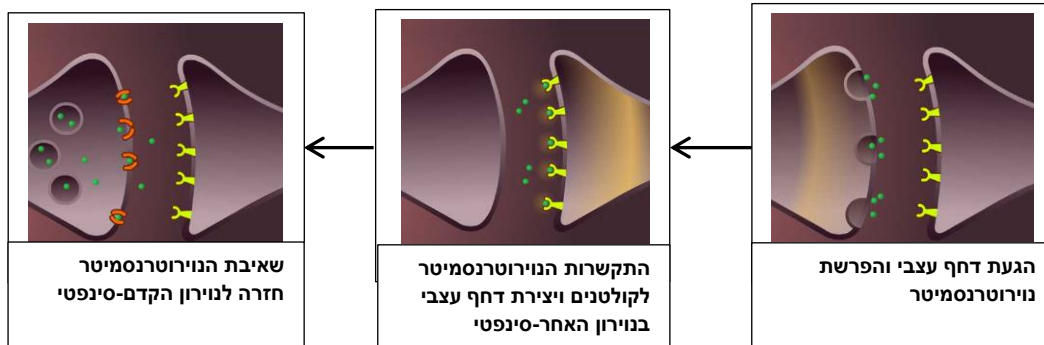
- ✓ הדנדריטים המרובים וההסתעפות של האקסון בקצהו מאפשרים יצירת קשר בין מספר עצום של ניורונים. כך נוצרת רשת מורכבת מאוד של ניורונים המתקשרים ביניהם. מורכבות זו מאפשרת את מגוון הפעולות הרחב של המוח ושל שאר מערכת העצבים. [קישור להדמיה על רשת ניורונים, מבנה הנירון ומעבר האות העצבי בו.](#)

מושגים מהסילבוס: תא עֵצב/ניירון, אקסון, גוף התא, דנדריטים.

ג. הסינפסה – צומת התקשורת במערכת העצבים

העברת המידע בסינפסה

- ✓ בין תאי עצב לתאי מטרה קיים מרווח זעיר, הנקרא סינפסה. המידע עובר בסינפסה כאות כימי.
- ✓ כשמגיע דחף עצבי לקצה האקסון של תא העצב הנקרא ניירון קדם-סינפטי, הוא גורם להפרשת חומר כימי – נייורטרנסמיטר שאגור בשלפוחיות. חומר זה מופרש אל הסינפסה, מגיע בדיפוזיה אל קולטנים המצויים בקרום תא המטרה ונקשר אליהם. קשירה זו יכולה לגרום לתגובות שונות בתאי המטרה: יצירת דחף עצבי בתא עצב אחר.
- ✓ מולקולות הניורטרנסמיטר נמצאות במרווח הסינפטי זמן קצר ומסולקות במהרה מן המרווח במנגנונים שונים, שהעיקריים בהם הם שאיבה חזרה לתא הקדם-סינפטי על ידי משאבות הנמצאות בקרום התא, או פירוק במרווח הסינפסה על ידי אנזימים ייחודיים. פינוי מהיר של הניורטרנסמיטר ממרווח הסינפסה מאפשר זרימה רציפה ויעילה של המידע במערכת העצבים מכיוון שכל עוד הקולטנים של התא הקולט תפוסים במולקולות של נייורטרנסמיטר, התא אינו יכול לקלוט מידע חדש. [קישור להדמיה על מעבר האות בסינפסה.](#)

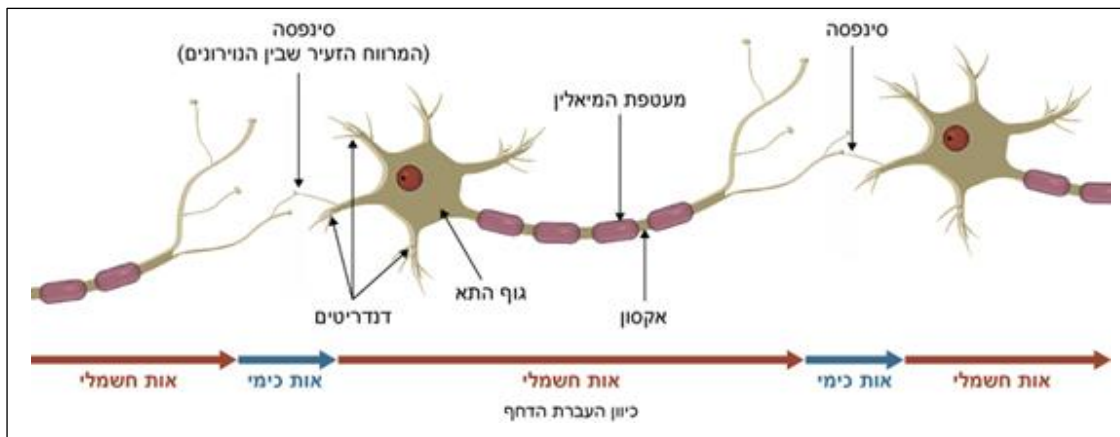


✓ כל נוירון יכול ליצור קשר באמצעות סינפסות עם עד כ-10,000 נוירונים אחרים. הגירויים המתקבלים מהם יכולים להיות מעוררים או מדכאים. אם מספר הגירויים המעוררים עולה במידה מספקת על מספר הגירויים המדכאים נוצר בנוירון דחף עצבי שמתקדם הלאה. השילוב של מנגנוני עירור ודיכוי מאפשר ויסות ובקרה של פעולת מערכת העצבים.

✓ במהלך החיים נוצרות סינפסות חדשות בין נוירונים, וסינפסות קיימות מתחזקות או נעלמות. שינויים אלו מתרחשים בהשפעות חויות, התנסויות ותהליכי למידה שאנו עוברים.

המידע עובר במערכת העצבים כאות עצבי לאורך הנוירונים וכאות כימי בסינפסות

✓ המידע עובר במערכת העצבים בשני אופנים: כאות חשמלי העובר לאורך הנוירונים ומאפשר העברה מהירה מאוד, וכאות כימי העובר בסינפסות ומאפשר יצירת קשר עם נוירונים אחרים.



השפעת סמים, רעלים ותרופות על העברת האות בסינפסה

✓ מולקולות של סמים ורעלים שונים משפיעות על מנגנוני העברת המידע בסינפסות בדרכים שונות. לדוגמה, התקשרות לקולטנים והגברת העברת הדחף העצבי, חסימת הקולטנים ומניעת קישור הנוירורנסמיטר, הגברה או הקטנה של קצב שחרור הנוירורנסמיטר, או חסימת השאיבה החוזרת של הנוירורנסמיטר לנוירון הקדם-סינפטי. השפעות אלו עלולות לשבש את מעבר האות בסינפסות על ידי הגברה שלו או עיכוב שלו.

[קישור להדמיה על מנגנוני השפעת סמים שונים על הסינפסה](#)

✓ שיבושים בייצור נוירורנסמיטרים – ירידה או הגברה בייצור – עלולים לגרום מחלות כמו פרקינסון ואלצהיימר. הידע המדעי על הנוירורנסמיטרים השונים, על דרך פעולתם ועל מקום פעולתם במוח מאפשר ייצור תרופות לטיפול בחולים.

✓ אפשר להשפיע על העברת הגירוי בסינפסות במוח לא רק על ידי תרופות אלא באמצעים טבעיים יותר כגון ספורט, טיול בטבע, מדיטציה והאזנה למוזיקה.

מושגים מהסילבוס: נוירורנסמיטר, סינפסה, קולטן.

ג. מבנה המוח ותפקודו

חלקי המוח ותפקודיהם

מערכת העצבים המרכזית מורכבת ממוח הגולגולת וממוח השדרה.
מוח השדרה – מקשר בין המוח הגדול לבין מערכת העצבים ההיקפית. דרכו עוברים גירויים מאיברי החושים אל מוחות הגולגולת, והוראות תגובה מהמוחות אל איברי הגוף השונים. אחראי על רבות מתגובות הרפלקס. (ראו הסבר בהמשך על רפלקס)

מוח הגולגולת מורכב מארבעה חלקים: המוח הגדול, מוח הביניים, המוח הקטן וגזע המוח.

לכל אחד ממוחות הגולגולת תפקודים שונים:

✓ **גזע המוח** – יש בו מרכזים השולטים על פעולות החיים הבסיסיות החיוניות לקיום הגוף, כגון פעולת הלב והריאות ושאר האיברים הפנימיים (ולכן יש המכנים אותו "המוח ההישרדותי"). כל הפעולות הללו הן בלתי רצונית.

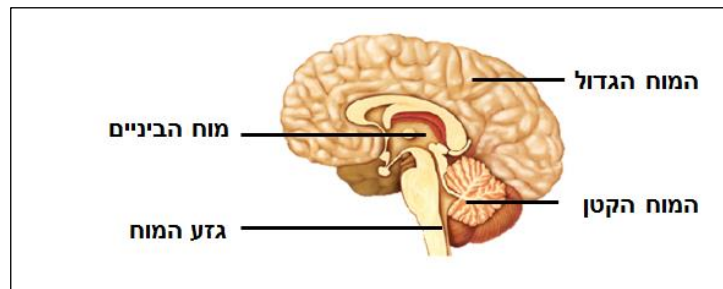
מרכזי ההפעלה של אברי הגוף הפנימיים הנמצאים בגזע המוח נמצאים תחת פיקוח ובקרה של מוח הביניים (לדוגמה, הלב מופעל על ידי גזע המוח, אולם השינויים בקצב הלב במצבי פעילות שונים מווסתים בעיקר על ידי ההיפותלמוס שבמוח הביניים).
גזע המוח גם מקשר בין המוח הגדול ושאר מוחות הגולגולת לבין מוח השדרה ומערכת העצבים ההיקפית, ודרכו עוברים גירויים מהגוף אל המוח; פקודות מוטוריות להפעלת הגוף עוברות בכיוון ההפוך.

✓ **מוח הביניים** – חלקיו העיקריים של מוח הביניים הם התלמוס וההיפותלמוס (בעברית: הרמה ותת-הרמה). ההיפותלמוס שולט על פעולת מערכת העצבים האוטונומית ומווסת באמצעותה את פעולת איברי הגוף הפנימיים. לדוגמה, בהשפעת ההיפותלמוס עולים קצב הלב וקצב הנשימה בעת פעילות גופנית, ומופעלים מנגנונים להורדת טמפרטורת הגוף (הזעה והרחבת כלי הדם ההיקפיים). ההיפותלמוס קשור גם להפעלת תגובת "הילחם או ברח" במצבי לחץ וסכנה, ויש לו תפקד מרכזי בשמירת ההומיאוסטזיס בגוף.
ההיפותלמוס קשור גם לפעולת המערכת ההורמונלית, אחד ההורמונים הנוצרים בו הוא ADH, ההורמון עובר אל בלוטת ההיפופיזה, מופרש ממנה אל הדם, וגורם להגברת הספיגה החוזרת של מים מהכליות לדם.

מוח הביניים מעבד עיבוד ראשוני של תחושות פנימיות כמו רעב וצמא ושל רגשות כמו כעס והנאה (ולכן יש המכנים אותו "המוח הרגשי").

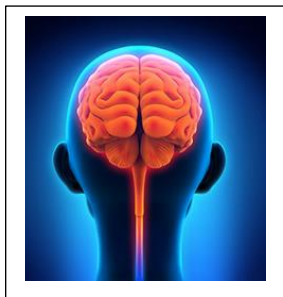
יש המחשיבים את מוח הביניים כחלק מגזע המוח. גזע המוח ומוח הביניים אחראים על פעולת אברי הגוף הפנימיים, על וויסותה ועל שמירת ההומיאוסטזיס בגוף. מהסילבוס (תכנית הלימודים) משתמע שהמונח גזע המוח כולל גם את מוח הביניים.

- ✓ **המוח הקטן*** – קולט גירויים ומקבל מידע לגבי תנוחות הגוף ויציבותו. מאפשר תנועות מתואמות של איברי הגוף השונים ושמירה על שיווי משקל. במוח הקטן נשמרות מיומנויות טכניות שנרכשו לאורך זמן, לדוגמה, מיומנות הרכיבה על אופניים.
- ✓ **המוח הגדול** – מקבל גירוי מהחושים ומתאי חישה בגוף, ומעבד אותו לתחושות המגיעות לתודעה. מפעיל את התנועות הרצוניות והמדועות של איברי הגוף השונים ושל הגוף כולו באמצעות שרירי השלד. מקיים את כל סוגי הפעולות השכליות, כגון חשיבה, זכירה וכדומה.
- ✓ אף על פי שהם אחראים על תפקודים שונים, יש קשר בין המוחות לבין עצמם, ובינם לבין מערכת העצבים ההיקפית. הקשר הזה מאפשר את הפעולה המתואמת של מערכות הגוף כיחידה אחת.



*המוח מוח קטן אינו נכלל בסילבוס. גם המוח מוח הביניים אינו נכלל בסילבוס, אולם כאמור משתמע שהכוונה בסילבוס היא שגזע המוח כולל בתוכו גם את מוח הביניים. בנוסף, המוחים מערכת העצבים האוטונומית, ההיפופיזה, וההורמון ADH קשורים למוח הביניים והם כן נכללים בסילבוס בהקשרים אחרים.

המוח הגדול – ההמיספרות



המוח הגדול מורכב משני חלקים נפרדים דמויי חצי כדור הנקראים ההמיספרות. ההמיספרות מחוברות ביניהן באזור צר. כל ההמיספרה שולטת על הצד הנגדי של הגוף: ההמיספרה השמאלית מקבלת מידע בעיקר מהצד הימני של הגוף, מעבדת אותו ומפעילה את השרירים והבלוטות בצד זה של הגוף, וההיפך לגבי ההמיספרה הימנית.

המוח הגדול – קליפת המוח

השכבה החיצונית המפותלת של כל אחת מההמיספרות נקראת קליפת המוח. הפיתולים בקליפת המוח מאפשרים להגדיל את שטח הפנים שלה בערך פי שלושה. מספר הקפלים בקליפת המוח של האדם גדול בהשוואה לקליפת המוח בבעלי חיים אחרים. הגדלת שטח הפנים אפשרה את התפתחות היכולות השכליות הגבוהות של האדם.

קליפת המוח הגדול אחראית לכל התהליכים ההכרתיים שלנו: חשיבה, למידה, זיכרון, שימוש בשפה ויצירה. בקליפת המוח מצויים מרכזים המקבלים מידע המגיע מהחושים, מעבדים אותו ומפעילים את השרירים הרצוניים.

הרחבה: נוהג לחלק את קליפת המוח בכל אחת מההמיספרות לארבע אונות: מצחית, קודקודית, רקתית ועורפית.

[קישור להדמיה על מבנה המוח.](#)

אזורי תפקוד במוח

אזורים שונים במוח אחראים על תפקודים שונים. לדוגמה, אזור הראייה – הנמצא בקליפת המוח בצד האחורי של הראש, ואזור השמיעה – הנמצא בקליפת המוח משני צדי הראש. החוקרים הצליחו למפות חלק מאזורי התפקוד הודות למעקב אחר התפקודים שנפגעו אצל אנשים שסבלו מנזק מוחי, או בעזרת שימוש בשיטות דימות מודרניות כגון fMRI.

רפלקס

תגובות רפלקס הן תגובות עצביות העוברות על פי רוב דרך מוח השדרה ואינן מגיעות למוחות הגולגולת. תגובות הרפלקס מהירות מאוד והן מתרחשות באופן לא מודע. התגובה היא מהירה מאוד מכיוון שקשת הרפלקס (מסלול הרפלקס) היא קצרה וכוללת מעט סינפסות. לדוגמה, קשת הרפלקס במקרה של רתיעת היד מחפץ חם כוללת שלושה נוירונים: נוירון תחושת, נוירון מקשר במוח השדרה ונוירון תנועת. התגובה מתרחשת לפני שאנחנו מודעים לה מפני שקשת הרפלקס אינה עוברת במוח הגדול. לרפלקסים יש בדרך כלל תפקיד בהגנה על הגוף מפני סכנות מיידיות.



תרשים משנת 1922 המתאר את ההבדלים בגודל המוח, ביחס בין גודל המוח הגדול לבין שאר המוחות, ובמספר הקפלים בקליפת המוח באדם בהשוואה לבעלי חיים אחרים.

ההבדלים בין מוח האדם למוח בעלי חיים אחרים

כאשר משווים את מוח האדם למוח בעלי חיים אחרים, אפשר להבחין בהבדלים הבאים (המומחשים בתרשים המצורף):

- מוח האדם גדול במיוחד ביחס לגודל הגוף.
- היחס בין גודל המוח הגדול לגודלם של שאר המוחות באדם, גדול יותר בהשוואה לאותו היחס בבעלי חיים אחרים.
- מספר הקפלים בקליפת מוח האדם גדול במיוחד. ככל שיש יותר קפלים כך שטח הפנים של קליפת המוח גדול יותר. מכיוון שהמוח הגדול אחראי על החשיבה הגבוהה, ההבדלים האלה יכולים להסביר את ההבדל הניכר ביכולות השכליות של האדם לעומת בעלי החיים האחרים.

זיכרון ולמידה

בעבר הניחו שהזיכרון מאוחסן בתוך הנוירונים, אולם כיום ידוע שזיכרון ולמידה קשורים לחיזוק הקשר בין נוירונים במסלולים עצביים מסוימים. חיזוק הקשר מתבטא בחיזוק הסינפסות בין תאי העצב (לדוגמה על ידי הגדלת מספר הקולטנים של הנוירורנסמיטרים) או בהגדלת מספר הסינפסות ביניהם, או ביצירת סינפסות עם נוירונים אחרים. השינויים האלה, שנגרמים בהשפעת תהליכי למידה וזיכרון, מחזקים מסלולים עצביים מסוימים במוח.

מונחים מהסילבוס: גזע המוח, המוח הגדול, מוח השדרה, קליפת המוח, המיספרה, רפלקס.