

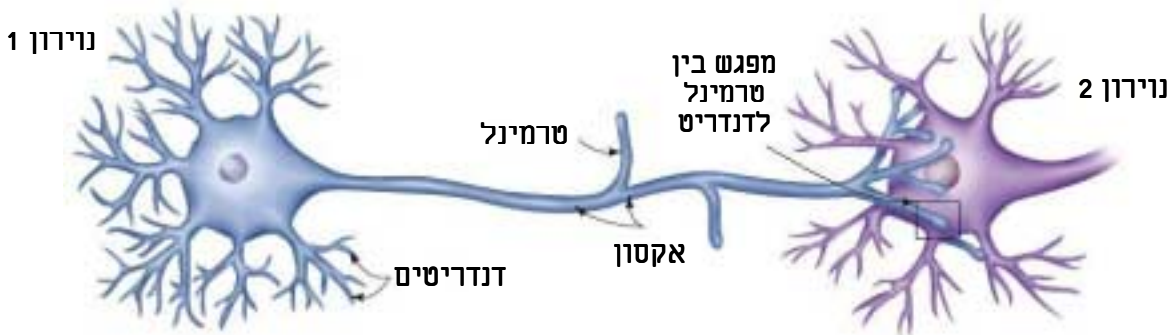
מערכת העצבים

מ.ע.מ-C.N.S מערכת העצבים המרכזית, כוללת את המוחות הגדולים ואת מוח השדרה.

מערכת העצבים ההיקפית - עצבים תחושתיים ותנועתיים אשר מוצאם המרכזי הוא עמוד השדרה. מתחלקת לשניים, סומטית ואוטונומית.

סומטית - קשורה בפעילויות רצוניות (בדרי"כ קשורה לשרירי שלד).
אוטונומית - מערכת שתפקידה לפקד על פעילויות לא רצוניות.

הנוירון - היחידה הבסיסית ביותר במערכת העצבים.



הדנדריטים קולטים את המידע, הוא עובר אל האקסון, ובסיומו עובר המסר לתא הבא באותה צורה.
חלקי הנוירון -

גוף הנוירון - מרכז התא, מכיל את גרעין התא, ריבוזומים, מערכות סנתוז חלבונים ויצירת אנרגיה.
דנדריט - קולט את המידע שמגיע אל הנוירון. מספר דנדריטים מגיע ל-400,000 בתא.
אקסון - סיב הנוירון. סיב עצב ארוך המגיע אל איבר המטרה, תא מטרה, או דנדריט אחר.
טרמינלים - קצוות האקסון הנוגעים באופן פיזי באיבר המטרה.

האקסון

עובי האקסון הוא כ-1 מיקרון, אורכו מספר מ"מ עד מטר. חלק מהאקסונים מצופים במיאלין.

מיאלין

שכבה שומנית התורמת לבידוד האקסון (בכדי שמידע לא יברח החוצה), הגברת מהירות העברת הזרם לאורך האקסון, מניעת קצרים בין אקסונים שכנים ושיפור חילוף היונים בין האקסון לנוזל הבין-תאי במהלך העברת הדחף.

בין המיאלין ישנם רווחים הנקראים - **NODES OF RANVIER**. דרך רווחים אלו יש חילוף של יונים עם הנוזל הבין-תאי שמחוץ לתא.

תפקידי האקסון

העברת חומרי מזון, חלבונים ואנרגיה מגוף התא אל הטרמינלים ולהפך דרך תעלות ייעודיות בגוף האקסון. כמו כן, האקסון עלול להעביר גם וירוסים ורעלים.

קצה האקסון

אחראי על העברת הדחף החשמלי בתצורה כימית. כל טרמינל מכיל תא קטן שבו ישנם מיטוכונדריה, רטיקולום, ובוועיות (**VESICLES**) המכילות נוירורנסמיטורים.

נוירורנסמיטור - חומר כימי המעביר את הדחף שעבר באקסון לתא הבא. המידע נקלט באופן כימי, מועבר כסיגנל חשמלי, ונמסר שוב כסיגנל כימי
סוגי נוירונים -

ישנם שלושה סוגים:

1. **אפרנטיים - AFFERENT** : אלו נוירונים המעבירים מידע מההיקף אל מערכת העצבים המרכזית. כיוון העברת המידע הוא חד-סיטרי. הנוירונים נמצאים בפריפריה, ורק חלק מזערי מגיע למ.ע.מ. לנוירונים אלו אין דנדריטים אלא רצפטורים הקולטים ישירות את המידע.
2. **אפרנטיים - EFFERENT** : אלו נוירונים אשר מעבירים מידע מהמ.ע.מ אל איברי מטרה. החלק המרכזי של הנוירון נמצא במ.ע.מ ורק האקסון נמצא בפריפריה.
3. **נוירון מקשר - INTERNEURON** : מהווים 99% מכלל הנוירונים. נמצאים רק במ.ע.מ. מקשרים בין נוירונים אפרנטיים ואפרנטיים לכלל קשת רפלקס (מערכת הגנה של הגוף).
באופן יחסי, יש מעט מאוד נוירונים מסוג - AFFERENT ביחס לשאר.
קיימים 3 סוגים נוספים של תאים (**GLIAL CELLS**) המשמשים לתמיכה ואחזקה שוטפת של המערכת. הם מהווים 90% מהמ.ע.מ. בין תפקידם הם :

1. ייצור מיאלין.
2. חלוקת התא, גדילתו ומיוני התאים.
3. תיקון אקסונים פגועים.
4. עידוד התפתחות קולטרלים (מעקפים).
5. ויסות הנוזל התוך והבין-תאי.
6. אחראים על המערך החיסוני של מערכת העצבים.

מעבר הדחף באקסון-

קיימים שני תנאי יסוד לקיום מעבר הדחף :

1. אספקת חמצן סדירה לנוירון.
2. פעילות תקינה של משאבת נתרן-אשלגן.

מושגי יסוד-

פוטנציאל - POTENTIAL : הבדל בוולטים בין שתי נקודות (מתח חשמלי). ברמת התא - mV.
פוטנציאל הממברנה : ההבדל ב- mV בין חוץ ופנים ממברנת התא. חוץ התא נחשב תמיד לחיובי יותר מפנים התא.
פוטנציאל מנוחה : זהו אותו הבדל בין חוץ לפנים, שכרגע נמצא בשלב יציב שלא קורים בו שום שינויים. זהו מצב זמני הניתן לשינוי.

שלבים במעבר הדחף-

הממברנה במצב פולרי (יש הבדל בין הפוטנציאל מחוץ לתא והפוטנציאל בתוך התא).

שלב א' : אין פעילות על פני הממברנה (המצב פולרי)-

פוטנציאל מנוחה. חוץ התא +, פנים התא -, מחוץ לתא יש הרבה נתרן, ובתוך התא יש הרבה אשלגן. קיימת יציבות קוטבית - **POLARIZATION**. מופעל גורם ראשוני- קבלת מידע ע"י הרצפטור/דנדריט.

שלב ב' : בעקבות קבלת המידע נפתחות תעלות הנתרן. בבת אחת יש זרימה מהירה של נתרן לתוך

האקסון, תהליך שנקרא - **INFLUX**.

המתח החשמלי בין פנים וחוץ מופר, והפוטנציאל קטן. פנים התא נהפך לחיובי יותר והקוטביות הולכת וקטנה.

תהליך זה נקרא ביטול הקוטביות - **DEPOLARIZATION**.

התהליך מתקדם לאורך האקסון לאחר שהתחיל ב- **NODE** הקרוב ביותר לגוף האקסון. במקביל, ברגע שכמה תעלות כבר פתוחות, הראשונות מתחילות להסגר.

ככל שהדפולריזציה מתקדמת, ב- **NODE** הראשון מתחילה רפולריזציה וגם תהליך זה מתקדם לאורך האקסון עד שהוא מגיע לסופו.

התהליך מתרחש רק כאשר מגיע מספר מסוים של נוירורנסמיטורים, כדי למנוע טעויות. דפולריזציה היא תמיד בגודל קבוע, לפי עקרון "הכל או כלום". דפולריזציה מתרחשת רק בכיוון אחד.

נקודה זו, שרק כאשר מגיעים אליה התהליך מתרחש, נקראת נקודת ה- **THRESHOLD**. כאשר יש גירוי קטן שלא עובר את נקודת הסף נכנס קצת נתרן, אך לא מתרחשת דפולריזציה. אם הגירויים יגיעו בתדירות מספיק גבוהה, יכול לקרות מצב של דפולריזציה. (אוסף של מכות קטנות שביחד יגיעו אל הסף). לגירויים אלו, שיש להם אפקט מצטבר קוראים-

GRADED POTENTIAL

הגירוי מבין ה- GRADED POTENTIAL שהצליח לגרום לאקטיבציה התא נקרא פוטנציאל הפעולה (ACTION POTENTIAL).

OVER SHOOTING - בה החלק הפנימי של התא נעשה חיובי, והחלק החיצוני נהיה שלילי. תהליך זה מהיר מאוד.

לאחר שנכנס הנתרן, נפתחות תעלות האשלגן והאשלגן יוצא בדיפוזיה דרך התעלות, אל הסביבה החוץ תאית. לאחר מכן, מופעלים מנגנוני ייצוב (אנזימים ומעכבים אחרים) ומושגת רה-פולריזציה - **REPOLARIZATION**, כאשר עכשיו הסביבה החוץ-תאית שלילית יותר מהסביבה התוך-תאית.

שלב ג': משאבת נתרן-אשלגן מתחילה לפעול, מוציאה אשלגן מהתא, ומכניסה נתרן לתוכו, וכך מחזירה את האקסון למצבו המקורי- תקופת המנוחה (שלב ד').

היפרפולריזציה - כאשר נכנס יותר אשלגן לתא ממה ש"מנטרל" את הנתרן.

REFRACTORY PERIOD: תקופה שבה גם אם יבוא גירוי, לא תתרחש דפולריזציה כי תעלות הנתרן סגורות.

ABSOLUTE REFRACTORY PERIOD: גירוי נוסף לא יגרום דפולריזציה. (בשלב א'+ב').

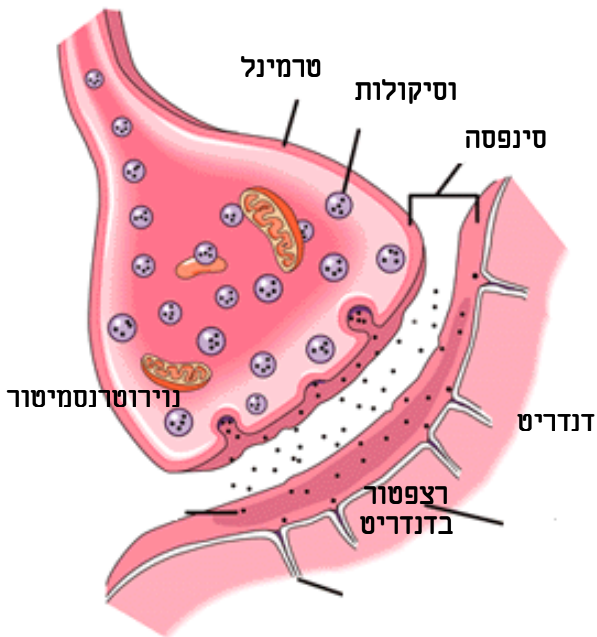
RELATIVE REFRACTORY PERIOD: גירוי נוסף ייתכן ויגרום לדפולריזציה. (בשלב ג'+ד'). בשלבים אלו, למרות שרוב תעלות הנתרן סגורות, יש גם תעלות פתוחות, ולכן ישנה אופציה שאם יבוא גירוי, הנתרן ייכנס דרך התעלות ותבצע שוב דפולריזציה.

הסינפסה והמרווח הסינפטי

סינפסה - המרווח שנמצא בין סיום האקסון לבין תא המטרה.

לא מתקיים מגע ישיר באזור הסינפסה, רוחב המרווח כ- 1 מיקרון. עקרון הפעולה הוא חשמלי/כימי, ותלוי בריכוזי נוירורנסמיטורים.

מהלך האירועים בסינפסה



1. פוטנציאל חשמלי מגיע אל החלק הפרה-סינפטי. הגירוי ואנזימים בסינפסה גורמים לשחרור של נוירורנסמיטורים ולעגינתם בתוך אתרים בקרום הטרמינל. הנוירורנסמיטורים נמצאים בתוך בועיות (וסיקולות). דוגמאות של נוירורנסמיטורים: **נוראדרנלין**, **אצטייל כולין (ACh)**.

2. הנוירורנסמיטור עובר לתא הבא ומתקבל ע"י הרצפטור, מה שגורם לאקטיבציה התא הבא. שם מופעלת שרשרת תגובות כימיות/חשמליות אשר מפעילות דחף באזור הפוסט-סינפטי. בסופו של דבר, הדבר גורם לפתיחת תעלות הנתרן.

3. אנזימים (אסטרזות), המשתחררים מקרום הדנדריט, מפרקים את הקשר בין הרצפטור לטרנסמיטור, ובכך

נפסקת האקטיבציה של התא הבא, משום שבוטלה פעילותו של הנוירורנסמיטור. דוגמאות של אסטרזות: **אצטייל כולין אסטרז (ACh - E)**, שמפרק את הקשר עם אצטייל כולין, ו**מונואמינו אוקסידאז (MAO)**, שמפרק את הקשר עם נוראדרנלין.

חלק מהנוירורנסמיטורים מתפרקים, וחלק נלקחים לשימוש מחדש. האנזים **COMT** דואג לקחת ולמחזר את אותם נוירורנסמיטורים, בטרמינל של האקסון.

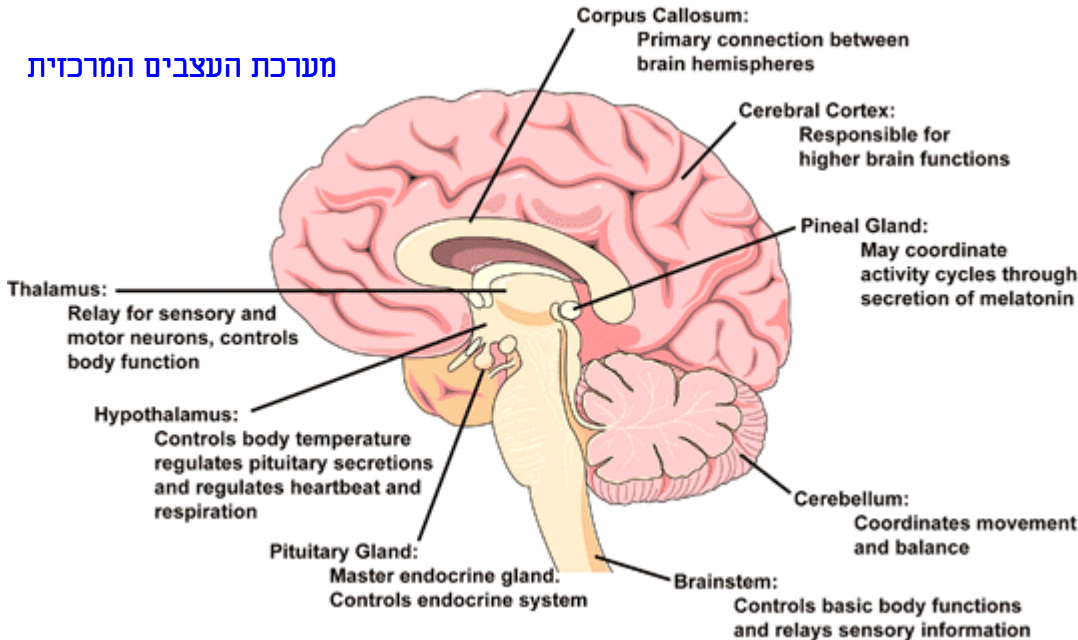
4. שאריות נוירורנסמיטורים ואסטרזות מופנים ע"י **תאי גליה**. זאת לשם ניקוי וייצוב המרווח הסינפטי לקראת מחזור פעולה חדש.

מערכת העצבים המרכזית-

המוח הגדול - CEREBRUM : שני חצאי כדור (המיספרות), חלקו העליון של המוח נקרא קליפת המוח-**CORTEX**, או "חומר אפור", ובפנים נמצא "החומר הלבן". הפיתולים הקיימים במוח (הנקראים סולקוסים וג'ירוסים) מגדילים את שטח הפנים של המוח. המבנה הכללי של המוח דומה אצל כולם. החומר האפור מכיל בתוכו את גופי התא של הנוירונים, ואילו החומר הלבן כולל את השלוחות שלהם. הקורטקס הוא זה שמקבל את המידע מהפריפריה ומעביר אותו הלאה אל תוך החלק הרלוונטי במוח. בין שתי ההמיספרות מחברת הקורה-**CORPUS CALLOSUM**. הקורה היא אוסף של אקסונים. המוח הגדול מורכב מ-4 אונות: **FRONTAL, TEMPORAL, PARIETAL OCCIPITAL**. עומק הקורטקס הוא בין 3-5 מ"מ, הוא מקיף את האונות וחודר אל בין ההמיספרות. המוח אחראי על:

1. עיבוד התפיסה החושית.
 2. האימפולסים האפרנטיים.
 3. פיתוח מיומנויות מוטוריות.
 4. למידה, חשיבה, הבנה, זיכרון ("תפקידים גבוהים").
- הגולגולת מקבלת את השמות לחלקיה השונים לפי האונות. הפתח הגדול ביותר בגולגולת הוא הפתח דרכו יוצא חוט השדרה. פתח זה נקרא-**FORAMEN MAGNUM**. שאר החורים הם לשם מעבר של כלי דם ועצבים.

מערכת העצבים המרכזית



האזורים התנועתיים : נמצאים ב-**FRONTAL LOBE**, מכילים נוירונים פירמידליים (נוירונים שגירויים מעורר תנועות רצוניות). פגיעה בנוירונים אלו תוביל לשיתוק מוטורי.

האזורים התחושתיים : נמצאים ב-**PARIETAL LOBE**, אחראיים על תחושות סנסוריות ועיבוד דחפים מוטוריים. שם נמצאים סיבי המסילות התחושתיות (מההיקף אל המוח).

הומנקולוס : מפת הגוף הפרושה על המוח. האזורים התחושתיים מחולקים לפי האיברים בגוף. הבטן, החזה והגב מקבלים שטח יחסית קטן על פני ההומנקולוס, בניגוד לידיים והרגליים שמקבלים שטח גדול. זאת משום שבידיים יש יותר נוירונים מאשר בגב ולכן השטח שהם תופסים במוח גדול יותר.

המוח הקטן - CEREBELLUM : בנוי משתי המיספרות המחוברות בבסיסן, ומצופה בקליפה-**CEREBELLAR CORTEX**. מחובר על ידי נוירונים מקשרים ואקסונים למבנים אסטרטגיים במוח הגדול (המוח המוארך, חוט השדרה). ניזון מתחושות פריפריות ולכן הוא אחראי על למידת התנועות, יציבות ועידון התנועות. כמו כן הוא אחראי על הקואורדינציה, עובד לפי עיקרון המשוב החוזר. המוח הקטן אחראי על שיווי המשקל, מורכב ממערכת דחפים-**EFFERENT** תנועתיים לא רצוניים (אקסטרפירמידלית). לאוזן הפנימית גם כן יש חלק בשמירה על שיווי המשקל.

מוח הביניים - DIENCEPHALON :

מורכב מ: **HYPOTHALAMUS, THALAMUS, EPITHALAMUS**. שלוש יחידות הקשורות ביניהן ומקושרות עם המרכזים האסטרטגיים האחרים, אך מהווים יחידה אנטומית אחת.

THALAMUS - צומת מרכזית של עיבוד אותות AFFERENT אל הקורטקס. משמש כמרכז שליטה על המוטוריקה (במקביל למוח הקטן), מהווה מרכיב חיוני בקביעת רמת ההכרה. אין מידע שיגיע מהפריפריה ולא יעבור דרך התלמוס.

HYPOTHALAMUS - מרכז הבקרה על:

1. ויסות חום הגוף.
 2. ויסות הצימאון.
 3. ויסות הלחץ האוסמוטי.
 4. ויסות רמות הגלוקוז בדם.
 5. פיקוח עליון על בלוטות הפרשה פנימיות.
 6. **היפופיזה** - בלוטת יותרת המוח
- (**PITUITARY GLAND**). עובדת ביחד עם התלמוס ומקבלת משוב מבלוטות אחרות בגוף על רמות הורמונליות.

גזע המוח - BRAINSTEM: מכיל בתוכו את המוח המוארך, הגשר, ומוח הביניים.

מוח מוארך - החלק התחתון ביותר בגזע המוח, אורכו כ- 3 ס"מ ומשקלו 9-10 גרם. תפקידיו העיקריים הם ויסות לחץ הדם, הדופק והנשימה. בחלק מגזע המוח מצויים מערכת החדרים 3 ו- 4. חלק מעצבי הראש יוצאים משם, והשאר יוצאים מהמוח. ישנם 12 עצבים והם מעצבבים את כל הקשור באזור הראש והצוואר (למשל אזור ה- GLOTTIS).

העצב ה- 10 הוא **עצב הואגוס - VAGUS**, והייחודיות שלו היא שהוא מעצבב איברים ומערכות שונות בגוף. הואגוס הוא האחראי הישיר על המערכת הפראסימפטטית, הוא יוצא מתוך הגולגולת ועובר דרך חוט השדרה.

סירקולציה מוחית

15% מכלל תפוקת הלב מגיעה אל המוח (כאשר משקל המוח הוא רק 2% ממשקל הגוף). אין למוח מאגרי סוכר ולכן הוא תלוי לחלוטין בסירקולציה של הדם. כל ירידה באספקת הסוכר למוח תתבטא במצב ההכרה באופן מיידי.

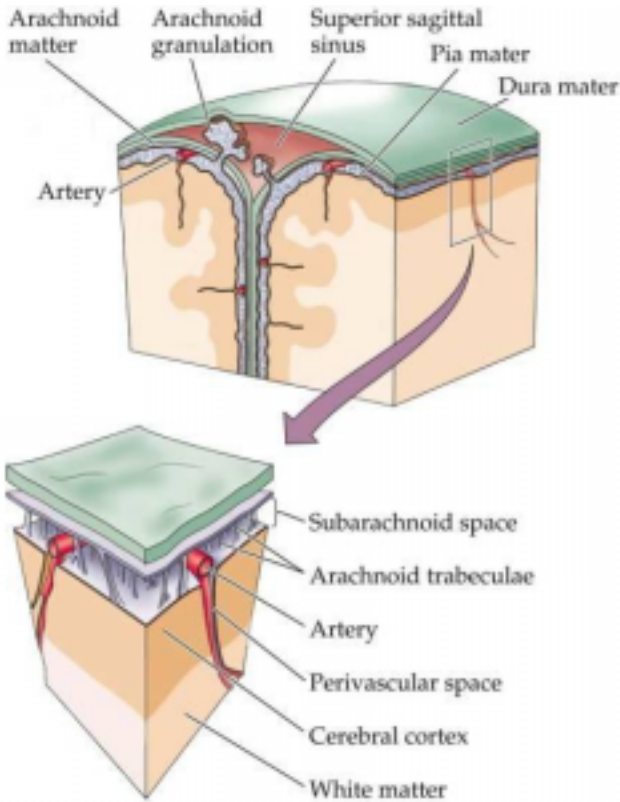
BBB- BLOOD BRAIN BARRIER (מחסום כלי הדם במוח) -

המבנה של כלי הדם במוח שונה ממבנה של כלי דם רגילים משום שאספקת הדם אליו נורא קריטית. באופן כללי, החומרים החיוניים לתאים יוצאים מהקפילות דרך רווחים קטנים באנדותרל. בכלי הדם במוח, ישנם חיבורים חזקים שנקראים **TIGHT JUNCTION** שנמצאים בין האנדותרל ולכן הפלזמה לא יכולה לעבור דרך הרווחים, אלא חייבת לעבור

דרך הממברנה של התא. עובדה זו עוזרת למוח לברור את החומרים שנכנסים לתוכו (חלבונים לא רצויים, זיהומים וכו').

CSF- CEREBRO SPINAL FLUID

נוזל שדרה-מוח, בעיקרו מורכב מפלזמה. כל הנוזל הוא בנפח של 150 סמ"ק, והוא מקיף את המוח ואת חוט השדרה. הנוזל נמצא בחלל ה- **SUB ARACHNOID**, ומיוצר בחדרי המוח על ידי מערכת ה- **CHOROID PLEXUS**. הנוזל מוריד קצת מהלחץ על המוח ומגן על המוח מפני זעזועים קלים, מה שגורם למוח לשבת יותר ברכות.



אספקת הדם למוח היא אספקה עשירה (ישנם מספר כלי דם המספקים דם למוח). האספקה העיקרית מגיעה מ- 4 מקומות: **2 עורקי הקרוטיד הפנימיים**, ו- **2 עורקים ורטברליים** (חוליתיים) המתחברים באזור גזע המוח לעורך הבזילרי- **BASILAR**. הוריד שמנקז את רוב הדם מהמוח נקרא- **SAGGITAL SINUS**. ישנם שני ורידים כאלו, עליון ותחתון. בסופו של דבר, הם מתנקזים לוריד הנבוב העליון, דרך **וריד הצוואר- GIGOLARIS**.

קרומי המוח (MENINGES):

1. הקרום העליון, צמוד לגולגולת, קרום קשיח- **DURA MATTER**.
2. הקרום האמצעי, מתחתיו נמצא ה- CSF- **ARACHNOID MATTER**. מתחתיו נמצא "חלל הקורים" או ה- **SUB ARACHNOID**, שבו נמצא נוזל ה- CSF.
3. הקרום התחתון, קרום דק מאוד הצמוד לקורטקס- **PIA MATTER**.

מתחת לשלושת הקרומים נמצא הקורטקס.

מערכת החדרים-

במוח ישנם 4 חדרים. 2 חדרים לטרליים (ימני ושמאלי), שנמצאים במוח הגדול. חדר שלישי שנמצא במרכז, וחדר רביעי הנמצאים בחלק העליון של גזע המוח. בתוך החדרים יש מבנה עשיר בכלי דם, רקמה, המסננת מהדם את הפלזמה ומייצרת CSF. מתוך החדרים יוצאים צינורות המובילים לחלל ה- **SUB ARACHNOID**, שם נשמר הנוזל. החדרים תמיד מלאים בנוזל ה- CSF. ניקוז הנוזל נעשה דרך הניקוז הורדי של המוח.

ICP- INTRA CRANIAL PRESSURE (לחץ תוך- גולגולתי)

בתוך הגולגולת יש דם, CSF, ותאי מוח הנמצאים בכמות מסויימת. כאשר אחד מהמרכיבים גדל או קטן, הלחץ בהתאם, עולה או יורד.

הידרוצפלוס- מצב שבו יש חסימה בתעלות בין חדרי המוח לחלל ה- **SUB ARACHNOID**. החדרים גדלים, מתנפחים, והראש מתנפח בגלל שאין סירקולציה של ה- CSF.

החטיבה האוטונומית-

חלק ממערכת העצבים המרכזית היא המערכת האוטונומית, שמתחלקת לשניים: מערכת סימפטטית ופראסימפטטית.

מערכות אלו עובדות יחד, ולכל אחת יש ייחוד משלה. המערכות מאזנות זו את זו, כאשר על פי צרכי הגוף מערכת מסויימת עובדת יותר או פחות. המערכת הסימפטטית עובדת בזמן דחק וסטריס, ואילו המערכת הפראסימפטטית עובדת בזמן רגיעה ומנוחה.

הניורטרנסמיטור העיקרי הוא אציטיל כוליין. הרצפטורים הם ניקוטיניים ומוסקריניים.

העצבים הקראניאליים (CRANIAL NERVES)-

1. עצב הריח.
2. עצב הראייה.
3. עצב מניע העין, אחראי על תנועות של העין והאישון.
7. עצב הפנים.
10. עצב הואגוס.

סוגי הרצפטורים במערכת האוטונומית-

המערכת הפראסימפטטית : אציטיל כולין, המפרק הוא אציטיל כולין אסטראז.

המערכת הסימפטטית : 5 סוגי רצפטורים ידועים- אלפא 1, אלפא 2, בטא 1, בטא 2, בטא 3.

אלפא 1- גורמים לכיווץ כלי דם פריפריים, כיווץ סמפונות קל, והגברת מטבוליזם תאי.

אלפא 2- גירוי שלו מעכב את אלפא 1. מטרתו למנוע עירור יתר של מטבוליזם וכלי דם (תפקיד של משוב).

בטא 1- מעלים את קצב הלב, את כוח ההתכווצות בלב, ומגבירים את האוטומטיות של תאי הקוצב בלב.

בטא 2- מרחיבים כלי דם וסמפונות.

בטא 3- גורם לפירוק של תאי השומן.

מערכת העצבים ההיקפית-

31 זוגות עצבים היוצאים מעמוד השדרה. דרכם מועבר מידע מההיקף למוח ומהמוח להיקף. החוליות :

7 חוליות צוואריות- CERVICAL.

12 חוליות חזה- THORAX.

5 חוליות תחתונות- LUMBAR.

רפלקס- פעולה לא רצונית שאין לנו שליטה עליה, בדרך כלל למטרות הגנה. הפעולה מהירה מאוד ולכן חוט השדרה הוא זה שלוקח פיקוד ומחליט מה לעשות, המידע לא מגיע למוח ברגע הראשון.

קטאכולמינים- קבוצה של טרנסמיטורים והורמונים השייכים למערכת הסימפטטית, כגון : אדרנלין, דופמין ונוראדרנלין. נמצאים בסינפסות.