

## Практичне заняття 27

### РОЛЬ РІЗНИХ ВІДДІЛІВ ЦНС В РЕГУЛЯЦІЇ РУХОВИХ ФУНКЦІЙ ОРГАНІЗМУ

#### Література:

1. Фізіологія: підручник для студ. вищ. мед. навч. закл. / В. Г. Шевчук, В. М. Мороз, С. М. Белан та ін.; за ред. В. Г. Шевчука. – Вид. 4-те. – Вінниця: Нова книга, 2018. – С. 70-112.
2. Организация двигательных функций <https://www.youtube.com/watch?v=CO-NvHzFX-A>
3. Проприорецепторы <https://www.youtube.com/watch?v=G2dGsoqwZu0&spfreload=5>
4. Мозг и движение <https://www.youtube.com/watch?v=j8zLVBnQyfs>

#### Завдання для самостійної роботи на занятті

1. Розглянути загальні положення регуляції рухових функцій.

#### **Основні види рухових функцій:**

1. Локомоції – переміщення у просторі тіла (ходьба, біг) або його частин (кінцівок) відносно тулуба.
2. Створення певної постави тіла – вертикальної, горизонтальної, сидячої.

**Принцип регуляції руху за участю ЦНС:** найвище розташовані нервові центри (моторні зони кори) підпорядковують нервові центри нижчих рівнів, серед яких останнім є спинний мозок – його мотонейрони. Нижчі центри передають інформацію на вище розташовані рівні.

Група м'язових волокон, що іннервується одним мотонейроном, має назву **нейромоторної або рухової одиниці**. У литковому м'язі, наприклад, до однієї нейромоторної одиниці входить кілька сотень м'язових волокон, а у зовнішніх м'язах ока – 2-3 м'язових волокна.

2. Розглянути роль спинного мозку в регуляції рухових функцій.

Спинний мозок:

- передаюча ланка від головного мозку до виконавчих органів (м'язів);
- забезпечує порівняно примітивну, стереотипну діяльність.

**Сенсорна функція** спинного мозку полягає в аналізі:

- інформації від екстерорецепторів шкіри (больових, тактильних) про контакт із зовнішнім середовищем;
- інформації від пропріорецепторів (м'язових веретен, сухожильних рецепторів Гольджі, рецепторів суглобових сумок і зв'язок) про стан опорно-рухової системи.

**Рефлекторна функція** спинного мозку – забезпечення спінальних рухових рефлексів:

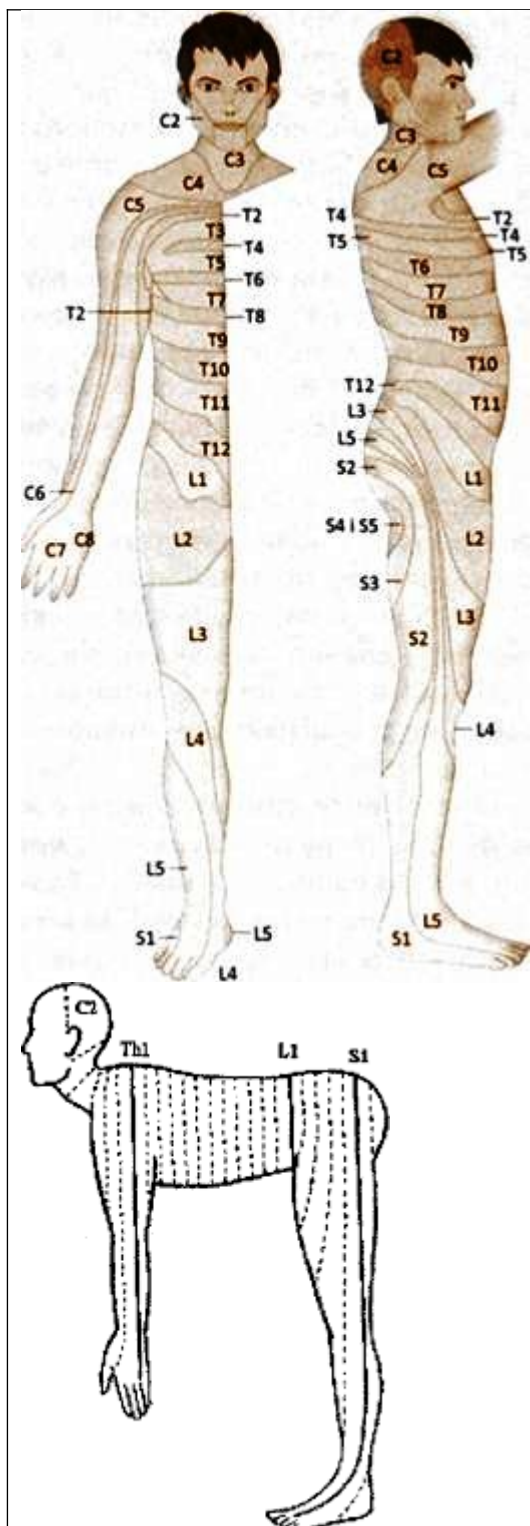
- сегментарних (рефлекторна дуга замикається в межах одного сегменту спинного мозку);
- міжсегментарних (здійснюються із залученням різних сегментів).

Серед цих рефлексів виділяють:

- тонічні рефлекси, які викликають напруження м'язів і лежать в основі регуляції їх тону;
- фазні рефлекси, що забезпечують переміщення частин тіла відносно тулуба.

**Провідна функція** спинного мозку – забезпечення передачі нервових імпульсів у висхідному та нисхідному напрямках.

Схему взаємодії нейронів спинного мозку та пропріорецепторів замалюйте з відеоматеріалу [2].



Частина тіла, що іннервується волокнами одного сегмента спинного мозку, називається **метамером**, а ділянка шкіри, іннервована чутливими волокнами сегмента, має назву **дерматом**.

Рис. 1. Схема розташування дерматомів.

Букви і цифри позначають сегменти спинного мозку: С - шийні, Т - грудні, L - поперекові, S - крижові

Приклади рухових рефлексів спинного мозку:

1. Захисний – подразнення ноцицепторів (больових рецепторів) кінцівки викликає її швидкий рух – «відсмикування».

2. Перехресний розгинальний – при відсутності гальмування з боку головного мозку\* згинання однієї кінцівки (наприклад, при захисному рефлексі) викликає розгинання протилежної.

3. Рефлекс на розтягнення, або міотатичний – при розтягненні м'яза виникає його рефлекторне скорочення. В його забезпеченні беруть участь м'язові веретена або рецептори сухожилків.

Дослідження сухожилкових рефлексів (колінного, ахіллового, згинального та розгинального рефлексів передпліччя) дозволяє оцінити функціональний стан організму в цілому й локомоторного апарату зокрема, а також визначити місце пошкодження спинного мозку

4. Позитивний рефлекс опори – при відсутності гальмування з боку головного мозку\* доторкування шкіри стопи до поверхні призводить до розгинання кінцівки.

\*Такі рефлекси спостерігаються у немовлят (керування з боку головного мозку ще не відпрацьовано) або у спінальних тварин (яким з дослідницькою метою перерізано спинний мозок у шийному відділі).

Розгляньте висхідні та нисхідні шляхи спинного мозку (рис. 2 і 3).

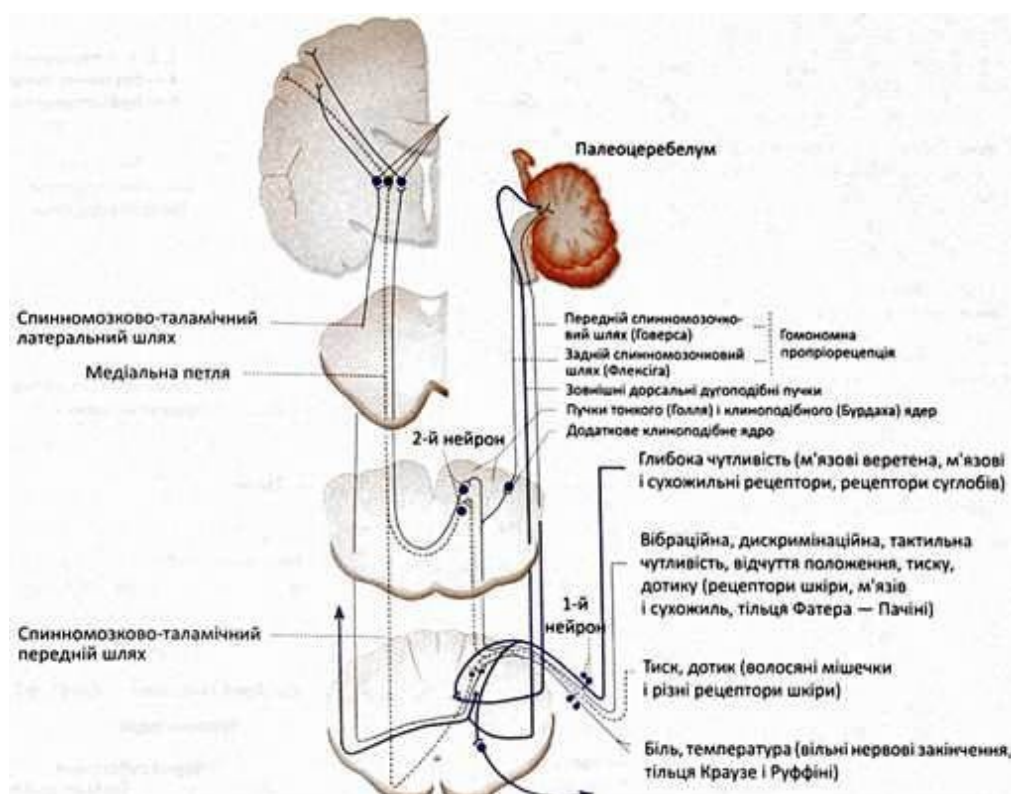


Рис 2. Найважливіші висхідні шляхи спинного мозку.

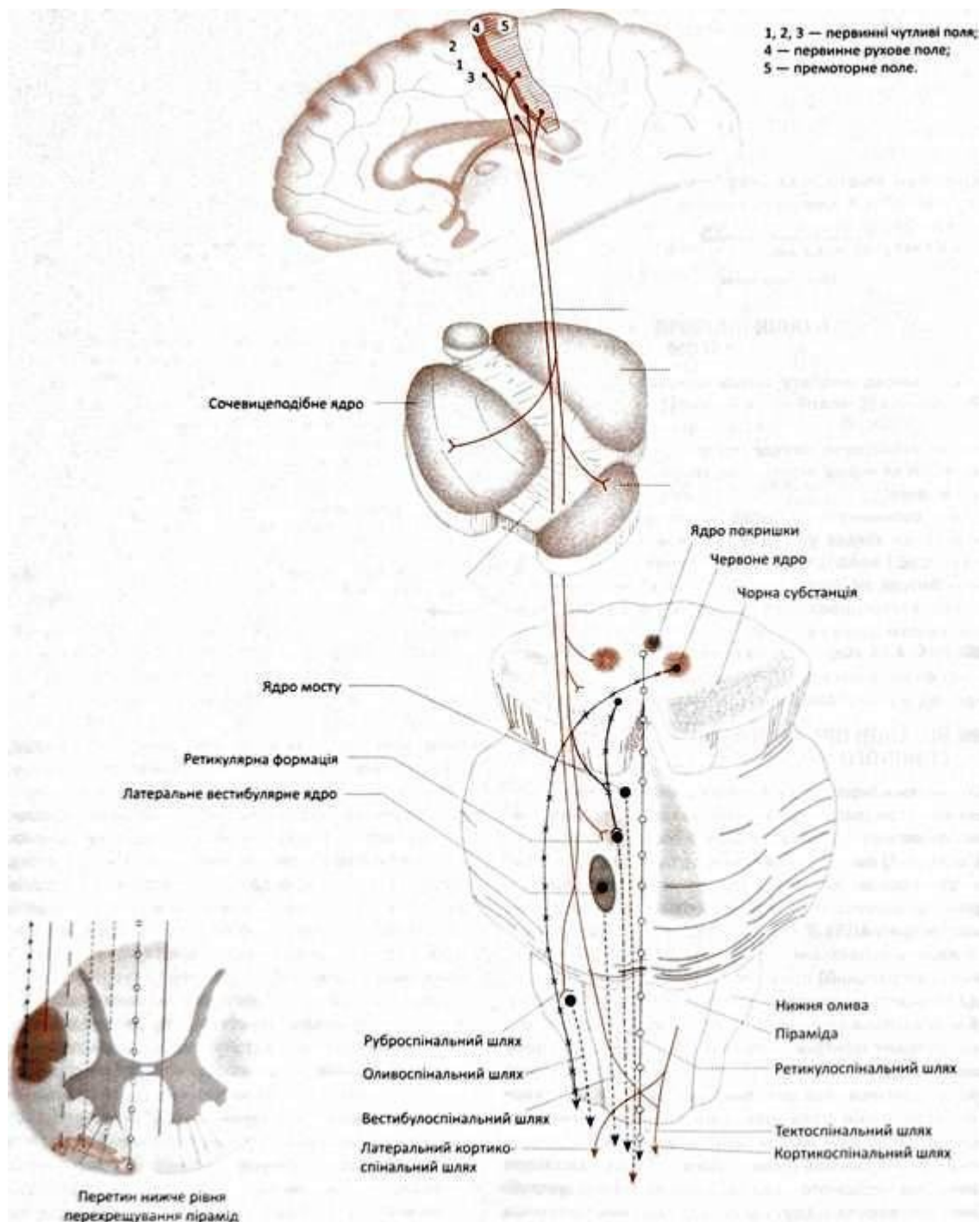


Рис. 4. Низхідні провідні шляхи спинного мозку.

#### Вплив пошкодження спинного мозку на рухові функції

При руйнуванні провідних шляхів спинного мозку виникає **спінальний шок** – тимчасове глибоке пригнічення спінальних рефлексів нижче поперечного перерізу спинного мозку. Нервові центри, що лежать вище місця перерізки, продовжують функціонувати.

Цей феномен пов'язують із втратою імпульсів, що надходять до спинного мозку з вищерозташованих відділів ЦНС, усуненням активуючих низхідних впливів ретикулярної формації мозкового стовбура. Під час шоку розвивається гіперполяризація постсинаптичної мембрани мотонейронів спинного мозку, що є основою гальмування рефлексорних реакцій. Вираженість спінального шоку залежить від розвитку центральної нервової системи: у жаби триває декілька хвилин, у собак і котів – 1-2 години, у мавп – декілька днів, у людини – від 2 тижнів до кількох місяців.

Згодом рефлекторні реакції (рефлекторні скорочення скелетних м'язів, сечовипускання, дефекації, підвищення артеріального тиску на больове подразнення) відновлюються, а деякі навіть посилюються. Відновлення спінальних рефлексів відбувається поступово. Відновлення довільних рухів стає неможливим. Підвищення активності рефлексів (гіперрефлексія), поява патологічних рефлексів (наприклад, рефлексу Бабінського) обумовлені усуненням гальмівних впливів головного мозку на спінальні мотонейрони.

При повторному перерізуванні спинного мозку нижче першого спінального шоку не виникає. Отже, має значення не травма спинного мозку, а відключення його від стимулюючих впливів, розташованих вище центрів.

При "половинному" пошкодженні спинного мозку рухи порушуються у нижніх кінцівках на боці травми, оскільки до мотонейронів передніх рогів не надходять імпульси від низхідних шляхів і, відповідно, не збуджуються м'язи на боці травми. Больова й температурна чутливість виключається з протилежної сторони нижче рівня пошкодження, оскільки спіноталамічний шлях, який забезпечує проведення імпульсів больової і температурної чутливості, перехрещується в спинному мозку (на рівні входження волокон) і піднімається до вищих відділів ЦНС по протилежній стороні спинного мозку. Пропріоцептивна й тактильна чутливість частково порушиться з обох боків, оскільки серед шляхів, що забезпечують тактильну й пропріоцептивну чутливість, є як прямі (шлях Голля і Бурдаха — гангліо-бульбо-таламо-кірковий, шлях Флексіга — гангліо-спіно-церебелярний дорзальний), так і перехрещені (шлях Говерса — гангліо-спіноцеребелярний вентральний); для тактильної — спіноталамічний (гангліо-спіно-таламо-кірковий). Описаний симптомокомплекс розладів у невропатології отримав назву синдрому Броун-Секара.

### 3. Розглянути роль головного мозку в регуляції рухових функцій.

Головний мозок керує різними функціями цілісного організму, зокрема здійснює управління рухом тіла, створюючи пристосувальні механізми до змін зовнішнього середовища.

#### 3.1. Роль стовбура мозку в регуляції рухових функцій

- регуляція сенсорних і моторних функцій обличчя;
- регуляції рухових функцій тулуба і кінцівок;
- забезпечення взаємодії між власними структурами і спинним мозком, базальними ядрами і корою мозку.

Рухові ядра стовбура мозку:

1. Ядра ретикулярної формації мосту та довгастого мозку.
2. Вестибулярні ядра: верхнє (Бехтерєва), латеральне (Дейтерса), нижнє (Роллера), розташовані у довгастому мозку.
3. Червоні ядра середнього мозку.



### Вплив ядер стовбура мозку на рухові функції

1. Ядра **ретиккулярної формації мосту** і латеральні **ядра Дейтерса** (їх об'єднують у медіальну систему) **активують** спінальні альфа- і гамма-мотонейрони, які іннервують **м'язи-розгиначі**, і одночасно **гальмують** відповідні мотонейрони, які іннервують **м'язи-згиначі**.

2. **Червоні ядра** середнього мозку, ядра **ретиклярної формації довгастого мозку** **активують** альфа- і гамма-мотонейрони, які іннервують **м'язи-згиначі** і **гальмують** мотонейрони **м'язів-розгиначів**.

Функціональне призначення стовбура мозку в регуляції м'язового тону можна виявити в експериментах з децеребрацією.

У тварин перетинали стовбур мозку на рівні верхнього краю варолієвого мосту і тим самим відокремлювали задній мозок від середнього. Таке перетинання має назву децеребрації. Після перетинання значно підвищувався тонус усіх скелетних м'язів шиї, тулуба і кінцівок, проте у собак і котів переважало підвищення тону м'язів-розгиначів. Цей феномен назвали **децеребраційною ригідністю**. Вона проявляється випрямленням кінцівок, підвищенням тону м'язів-розгиначів шиї і спини, закиданням голови, підняттям хвоста вверх.

У мезенцефальної тварини (у якої стовбур мозку перерізаний між середнім та проміжним мозком) активуючі і гальмівні впливи на спінальні альфа- і гамма-мотонейрони збалансовані, постава нормальна.

### **Задній мозок (довгастий мозок, міст, мозочок):**

- передає інформацію до вищерозташованих структур ЦНС та від них до нижче розташованих рухових центрів;

- здійснює рефлекторну функцію, завдяки якій забезпечує:

- регуляцію функцій жувальних, окорухових, мімічних м'язів, м'язів язика, глотки, гортані;
- підтримання постави антигравітації та перерозподіл тону скелетних м'язів при зміні положення голови у просторі завдяки тонічним статичним вестибулярним рефлексам постави;
- підсилення шийних тонічних спінальних рефлексів;
- підсилення тонічних спінальних міотатичних рефлексів тулуба і кінцівок, які здійснюються переважно за участю м'язів-розгиначів.

Приклади рухових рефлексів заднього мозку:

1. Статичні вестибулярні рефлекси постави – це тонічні рефлекси, які розпочинаються від вестибулярних отолітових рецепторів, що розташовані у присінку (маточка і мішечок). Так, при зміні положення голови у просторі (наприклад, нахиленні вбік) здійснюється перерозподіл тону м'язів і підтримання рівноваги в новому положенні.

2. Компенсаторне устанавлення очей. При піднятті голови очні яблука опускаються донизу і, навпаки, при опусканні голови – піднімаються догори. Це досягається шляхом перерозподілу тону. Біологічне значення – фіксація нерухомого предмета в полі зору.

У довгастому мозку, що є складовою частиною заднього мозку, крім рухових, розташовані рефлекторні центри ряду вісцеральних систем: дихальний центр; центр серцево-судинної діяльності; травний центр, який забезпечує регуляцію жування, смоктання, ковтання, слиновиділення, діяльності шлунка та кишечника; центри захисних рефлексів: мигання, чхання та ін.

### **3.2. Роль середнього мозку у регуляції рухових функцій.**

До основних структур середнього мозку належать:

- червоні ядра, від яких розпочинається руброспінальний шлях, який викликає збудження альфа- і гамма- мотонейронів м'язів-згиначів і гальмування відповідних мотонейронів м'язів-розгиначів; забезпечують підтримання постави;
- чорна речовина, функція якої пов'язана з діяльністю базальних гангліїв у регуляції переважно допоміжних рухів:
- ретикулярна формація середнього мозку;
- ядра черепних нервів (III - окорухового, IV - блокового):
- чотиригорбикове тіло, що аналізує інформацію, яка надходить від зорових рецепторів сітківки (верхні горбики) і слухових рецепторів (нижні горбики).

Приклади рухових рефлексів середнього мозку:

1. Статичні рефлекси випрямлення – відновлення природної пози (голова повинна знаходитися тім'ям догори).

Якщо надати мезенцефальній тварині неприродної пози – тім'ям донизу, спостерігають спочатку повертання голови тім'ям догори завдяки лабіринтним рефлексам випрямлення, що розпочинаються з рецепторів присінка. Друга фаза рефлексу – випрямлення тулуба розпочинається з рецепторів суглобів і м'язів шиї після випрямлення голови (шийний рефлекс випрямлення).

2. Статокінетичні рефлекси – збереження постави рівноваги під час руху з прискоренням (лінійним або кутовим).

А) Присінково-очний рефлекс, або вестибулярний ністагм очних яблук. Виникає при обертанні голови. Спочатку спостерігається характерний повільний рух очних яблук у бік, протилежний обертанню голови, завдяки чому фіксується поле зору на сітківці, а потім вони швидко повертаються назад – у напрямку обертання голови, і в полі зору опиняється нове поле простору.

Б) «Ліфтні рефлекси». Виникають під час руху голови з лінійним прискоренням догори у вертикальній площині, наприклад, у ліфті або під час стрибка, що призводить до збільшення тонузу згиначів нижніх кінцівок на початку руху.

Під час руху вниз, наприклад, під час стрибка вниз з платформи, бігу по сходах, переміщенні у ліфті під час спуску, або у kota під час приземлення, якщо його підкинути догори, спостерігається підвищення тонузу м'язів-розгиначів нижніх кінцівок і розведення пальців стопи ще до того, як відбудеться контакт шкіри стопи з поверхнею, що допомагає позбутися ушкодження кінцівок під час зіткнення з твердою поверхнею.

В) Рефлекси лінійного прискорення у горизонтальній площині. Виникають під час бігу або початку руху транспорту вперед, наслідком чого є перерозподіл тонузу м'язів тулуба і кінцівок – зокрема, підвищення тонузу м'язів-розгиначів спини (наприклад, у спринтера), що дозволяє зберігати нормальну позу під час бігу з прискоренням або рівновагу під час руху транспорту вперед.

3. Стереотипні автоматичні рухи. У середньому (і проміжному) мозку розташований локомоторний центр – це «локомоторна смужка», яка сприяє локомоторній активності, зокрема, обумовлює ритм, що нагадує ходьбу. Електричне подразнення «локомоторної смужки» викликає ритмічну імпульсацію у рухових нервах, які іннервують скелетні м'язи.

4. Орієнтовні рефлекси середнього мозку будуються у чотиригорбковій пластинці – покрівлі середнього мозку – у відповідь на зорові й слухові подразнення. Рефлекторно відбувається повертання вушних раковин, очних яблук і голови у

напрямку дії відповідних подразників. Поворот голови супроводжується перерозподілом тону м'язів тулуба і кінцівок і створенням пози, що характерна для сторожового рефлексу.

### 3.3. Роль проміжного мозку у регуляції рухових функцій.

Основними структурами проміжного мозку є таламус і гіпоталамус.

Проміжний мозок інтегрує сенсорні, рухові та вісцеральні реакції, необхідні для діяльності організму. Тому його діяльність має велике значення у пристосуванні рухів до оточуючого середовища.

Також таламус бере участь в організації рефлексів жування, ковтання, смоктання, сміху, в тому числі – узгодженні цих реакцій з вегетативними рефlekсами.

### 3.4. Роль базальних ядер у регуляції рухових функцій.

Базальні ядра розташовані під корою великого мозку у кожній півкулі. До них належать: хвостате ядро (n. caudatus), лущина (putamen), які разом називаються смугастим тілом (corpus striatum), біла куля (globus pallidus). Функціонально вони зв'язані з чорною речовиною (substantia nigra) середнього мозку і субталамічним ядром (n. subthalamicus), тому термін базальні ядра застосовують до п'яти названих структур.

Базальні ядра утворюють численні зв'язки з корою великого мозку і таламусом. Проте вони не мають жодного сенсорного або моторного прямого зв'язку зі спинним мозком, а їх регуляторні впливи на рухові функції здійснюються опосередковано через сенсомоторні зони кори.



Схематичне зображення головних нейромедіаторних зв'язків базальних ядер.

Суцільні лінії – збуджувальні шляхи, штрихові лінії – гальмівні. Біля шляхів наведено нейротрансмітери, де вони відомі. Гл – глутамат; ДА – дофамін. Нейротрансмітер ацетилхолін утворює контакти між інтернейронами смугастого тіла. СЧЧР – сітчаста частина чорної речовини; ЩЧЧР – щільна частина чорної речовини.

**Функція базальних ядер** – планування та програмування рухових команд разом з корою великого мозку, як стереотипних, так і осмислених.

Смугасте тіло бере участь у регуляції тону м'язів, забезпечуючи складні рухи, які потребують попереднього навчання (письмо, гра на музичному інструменті, хірургічні навички та ін.).



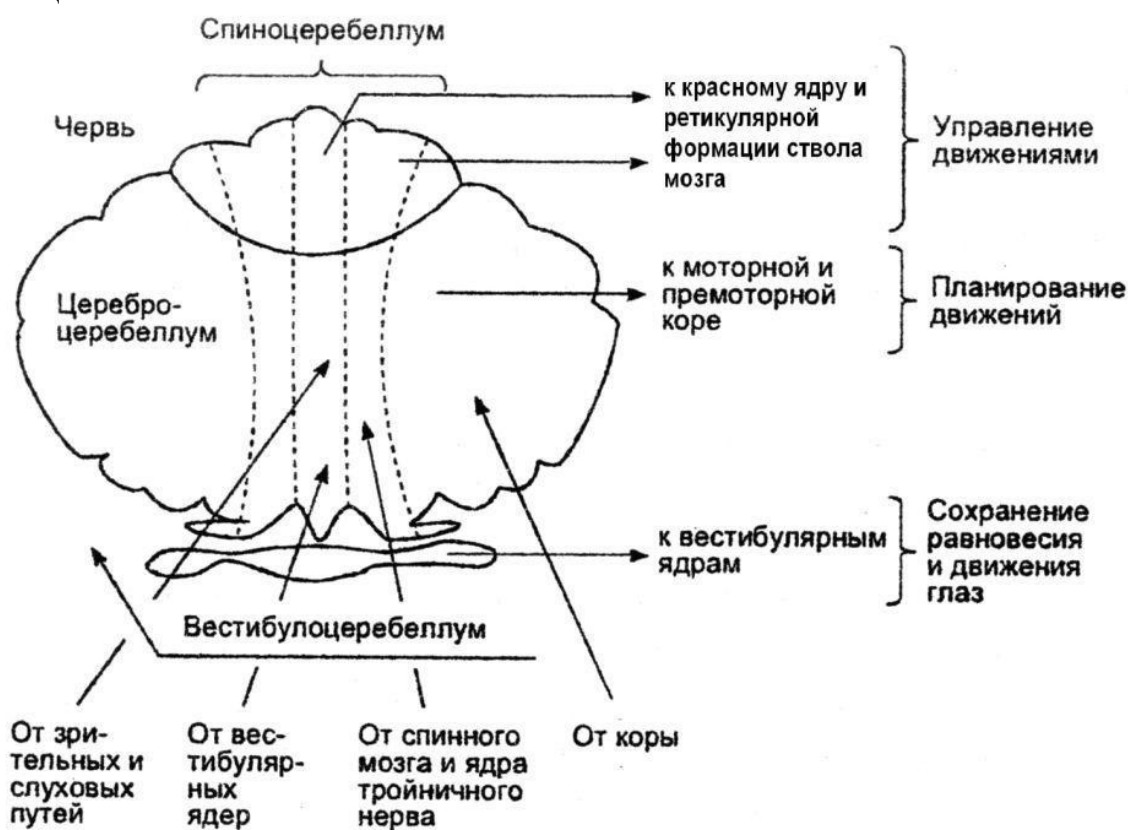
Бліда куля забезпечує складні рухові реакції організму, зокрема, орієнтувальну реакцію та рухи кінцівок.

### 3.5. Роль мозочка у регуляції рухових функцій.

Мозочок за допомогою аферентних і еферентних зв'язків (див. рисунок) бере участь у регуляції і корекції рухових функцій, а саме;

- підтриманні тону м'язів, постави і рівноваги, руху очних яблук;
- забезпеченні синергії (співпраці м'язів) – контроль швидкості, сили, амплітуди і напрямлення рухів, що виконуються;
- разом з моторною корою великого мозку здійснює планування і програмування рухів, бере участь у навчанні певним рухам, які повторюються раз за разом, у довготривалій руховій адаптації.

Вважається, що мозочок забезпечує поточне налаштування при виконанні будь-якого рухового акта, точне виконання руху в часі. Він координує спинномозкові і стовбурові фазні та тонічні рефлекси з цілеспрямованими довільними руховими реакціями.



### 3.5. Роль кори великого мозку у регуляції рухових функцій.

Основні моторні зони кори (дивись рисунки):

#### - первинна

Первинна моторна кора розташована у прецентральної звивині (поле 4) і має соматотопічну організацію – кожний сегмент тіла регулюється певною ділянкою кори; значне представництво у корі мають ті сегменти, які найбільше потребують регуляції нейронами кори («руховий гомункулус»).

Нейрони первинної моторної зони кори здійснюють активацію спінальних мотонейронів м'язів-згиначів, переважно дистальних відділів кінцівок – м'язів

пальців кисті – низхідними кортикоспінальними шляхами, а також мотонейронів стовбура мозку, через свої моторні ядра регулюють активність спінальних мотонейронів.

**- премоторна**

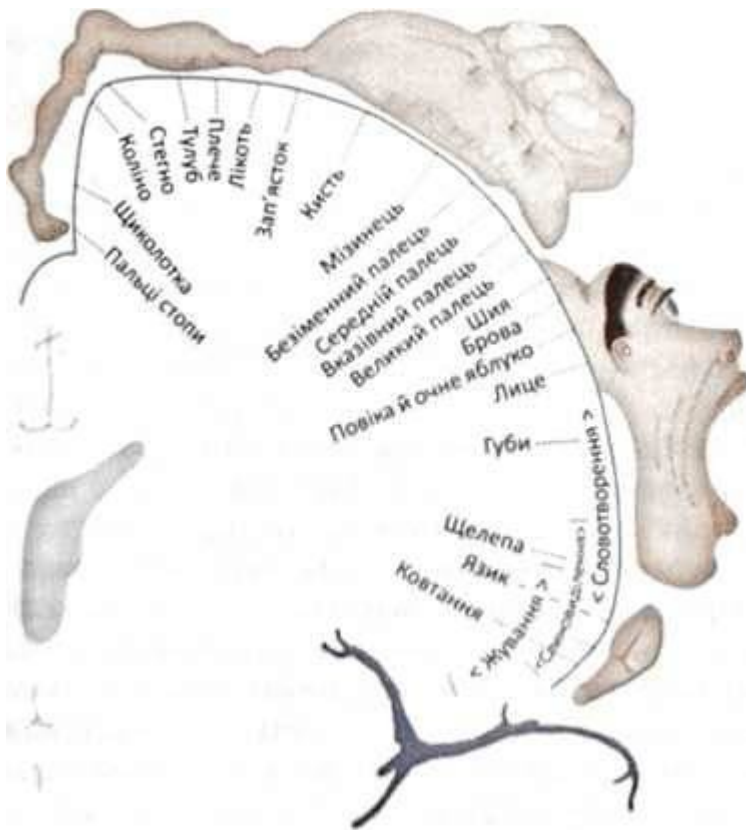
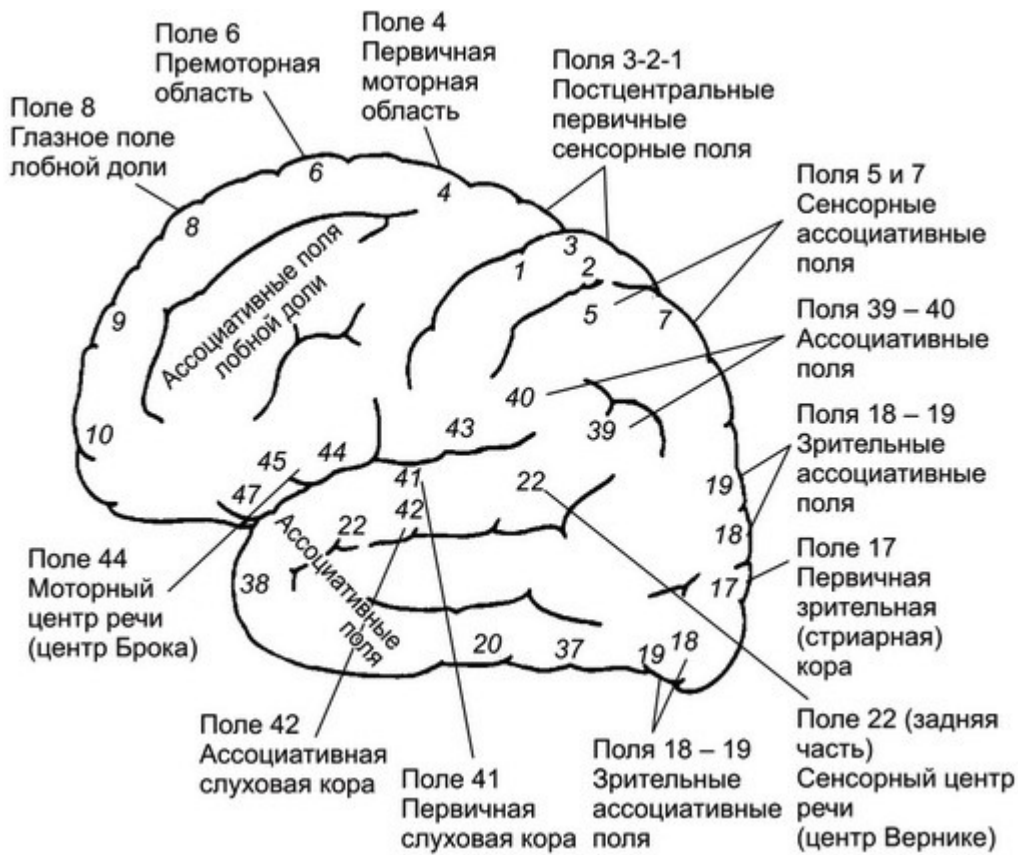
Премоторна зона кори знаходиться попереду від моторної зони кори і розташована на її латеральній поверхні (поле б) – у глибині сільвієвої борозни. Вона теж має соматотопічну організацію й забезпечує планування рухових дій, які реалізуються первинною моторною корою.

**- додаткова**

Додаткова моторна кора розташована перед і над премоторною зоною (поле б) і теж має соматотопічну організацію. Проте, на відміну від моторної зони кори, яка регулює активність спінальних мотонейронів з протилежної сторони, додаткова моторна зона контролює мотонейрони з обох сторін. Вона генерує програму комплексу узгоджених осмислених рухових дій, що пов'язані з контролем зору та слуху.

Низхідні шляхи від моторної кори до спінальних мотонейронів передають інформацію кортикоспінальними (пірамідними) шляхами. Більшість нервових волокон (80 %) переходить на протилежну сторону на рівні пірамід довгастого мозку, а решта – перехрещується на рівні спинного мозку. Кортикоспінальні шляхи передають інформацію, необхідну для регуляції тонких рухів пальців кисті та м'язів, що забезпечують вокалізацію – мовлення. Тому при пошкодженні цих шляхів найбільше зазнають втрати тонкі рухи.

Моторна кора також надсилає значну кількість волокон до базальних ядер і мозочка, які беруть участь у регуляції рухів.



«Руховий гомункулус» - карта первинної моторної кори

#### 4. Вирішення ситуаційних завдань.

1. Після травми спинного мозку в шийному відділі у людини зникли сухожильні рефлекси нижніх кінцівок. Який фізіологічний механізм цього явища?

2. Дитина під час їжі дивилася телевизор. Несподівано вона засміялася і закашлялась, оскільки під час вдиху частки їжі попали в дихальне горло. Які координаційні стосунки в нервових центрах порушилися?

3. У хворого після травми має місце повний розрив спинного мозку між грудним і поперековим відділами. Чи у нього спостерігатиметься розлад актів сечовипускання і дефекації? Якщо будуть, то в чому вони виявляться в різні терміни після травми?