

Модуль 3: ВИЩІ ІНТЕГРАТИВНІ ФУНКЦІЇ

Лекція 25. РОЛЬ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ В СИСТЕМНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІЗМУ. СЕНСОРНІ СИСТЕМИ (АНАЛІЗАТОРИ). СОМАТО-СЕНСОРНА СИСТЕМА. ФІЗІОЛОГІЯ БОЛЬОВОЇ ЧУТЛИВОСТІ

Кора великих півкуль

Загальна оцінка

У віданні кори знаходяться всі функції організму. Кортикалізація функцій є одним із принципів координації. Особливістю діяльності кори є психонервова діяльність. Відоме значення кори великих півкуль полягає у причетності до організації рухових програм (здум руху, після організації програми – вибір м'язів для її виконання); при здійсненні емоцій – оцінка корою високовірогідних подій (тут кора – одна з чотирьох стратегічних зон), суб'єктивний компонент (мотивація) теж потребує кортикалізації. При утворенні будь-якої функціональної системи – забезпечення поведінкової реакції, тобто зовнішньої ланки функціональної системи.

Усе це прояви діяльності, які не вдається розкрити звичайними фізіологічними методами.

Для повноцінної діяльності кори необхідні дві умови. Першою з них є стан неспання, який забезпечується завдяки активуючому впливу висхідного відділу РФ. Другий – це свідомість. Визначається як правильне відбиття (віддзеркалення) людиною дійсності зі спрямованим регулюванням її взаємовідносин з навколишнім середовищем (Косицький Г.І., 1985).

За Р.Шмідтом, свідомість – особливий стан, який являє собою головну ознаку існування.

Критерії свідомості:

- усвідомлення власного «Я» і визнання інших індивідуумів;
- здатність зосередитись, тобто наявність уваги;
- здатність до абстрагування, тобто словесного, творчого вираження думки;
- можливість оцінити наступний поступок, тобто здатність до прогнозування;
- наявність етичних й естетичних цінностей.

Хоча для свідомості необхідне неспання, але знаку рівності між свідомістю й неспанням ставити не можна. Можливі ситуації, коли між тим і другим виникає дисоціація. Наприклад, при хворобі Альцгеймера (ураження нейронів мозку атрофічного характеру в зв'язку з надлишковим накопиченням амілоїдного білка) з'являється «симптом дзеркала»: хворий сприймає своє відображення в дзеркалі як іншу людину й заводиться з нею бесіду.

Ще в доісторичні часи люди знали, що свідомість, нормальна поведінка можуть порушуватись (непритомність, тобто зомління, сноподібні стани) у зв'язку з травмою голови, при затисканні сонних артерій).

Вивчення функцій кори довгий час було мало ефективним з урахуванням особливого, виключного значення її в діяльності організму людини – так званої психічної діяльності – тієї сфери, яка складає духовний світ людини, тобто того, що зветься душею й віками знаходилась поза сферою природознавців.

І.П.Павлов писав: «Незтримний з часів Галілея хід природознавства вперше помітно припинився перед вищим відділом мозку. Здавалось, що це недарма, що тут дійсно критичний момент природознавства, оскільки мозок, котрий у вищій його формації людського мозку утворював й утворює природознавство, сам стає об'єктом природознавства».

Цю завісу вперше відхилили Сеченов і Павлов. Сеченов – своїм ствердженням про рефлекторну природу психічних актів, Павлов – експериментальним обґрунтуванням того, завдяки розробці метода хронічного експерименту і його особливої різновидності – методу умовних рефлексів.

Методи вивчення та функції кори великих півкуль

Найдревнішим є **анатомо-клінічний метод**. На підставі співставлення порушень у поведінці хворого й виявлених помертно (при патологоанатомічній секції) уражень у корі мозку, зроблено ряд висновків про функціональне призначення тієї чи іншої ділянки кори.

Анатомо-гістологічний метод

Площа кори великих півкуль складає $0,25 \text{ м}^2$. Кількість нейронів (Н) у корі товщиною від 1,5 до 4,5 мм досягає 1×10^9 .

У корі 6 шарів (рис. 4.40).

1. Молекулярний (переважно з дендритів пірамідних Н й волокон неспецифічних ядер таламусу – регуляторів збудливості кори).
2. Зовнішній зернистий шар – із зірчастих клітин, через які циркулює збудження, що важливо для пам'яті.
3. Шар малих пірамід (зовнішній пірамідний) – з клітин, які забезпечують внутрішньокоркові зв'язки.
4. Внутрішній зернистий – із зірчастих клітин, на яких закінчуються волокна специфічних таламо-кортикальних шляхів.
5. Шар великих пірамід, які започатковують своїми аксонами кортико-спинальний (пірамідний) тракт.
6. Поліморфний шар, клітини якого започатковують кортико-таламічні, кортико-каудальні та інші міжцентральні зв'язки.

Гістохімічно в корі виявлено ГАМК як медіатор, що викликає гальмування. Таким чином було доведено наявність гальмівних коркових нейронів. Електрофізіологічно блискуче визначено декілька видів гальмівних коркових нейронів (Серков, 1986). Є також глутамат, як медіатор мотонейронів, причетних до утворення внутрішньокоркових зв'язків. Багато в корі серотоніну.

З урахуванням вираженості шарів кори, кількості та виду в них нейронів (їх щільності) у корі описано цитоархітектонічні поля – 53 за Бродманом (рис. 4.41), 266 за Фохтом та Економом.

Дослідженнями, започаткованими Монкаслем та Едельменом, встановлено колонкову будову кори (рис. 4.42). Колонка – це структурно-функціональна одиниця кори, яка реагує на подразнення певної модальності, а своїми зв'язками закінчується на одному пулі мотонейронів (нагадуємо, що пул – це сукупність мотонейронів, іннервованих одним чутливим нейроном). Розташування пірамідних клітин у напрямку, перпендикулярному до поверхні кори, відповідає розташуванню більшості вставних нейронів, що й утворює гістологічно відособлені мікроколонки з діаметром 80 мкм (діаметр пірамідної клітини складає 50-100 мкм).

Вхідний аферентний імпульс проходить по одній з аферентних гілочок у товщу кори, активуючи зірчасті клітини й опрацьовуючись тут з охопленням відповідної великої пірамідної клітини та декількох малих (III шару). Звідси оброблений сигнал покидає кору через волокна пірамідної клітини й надходить до інших структур мозку.

Між колонками є зв'язки за рахунок зворотних колатералей. Таким чином створюється модуль – функціональна колонка з діаметром 0,3-1 мм. Їх у корі нараховується біля $3 \cdot 10^6$. У складі модуля розташовано сотні пірамідних клітин зі схожими функціями. Модулі перекривають один одного, серед них є збуджувальні й гальмівні. Отже, модуль регулює діяльність декількох м'язів, але таких, що діють на певний суглоб. Таким чином, у корі представлено не стільки м'язи, скільки окремі рухи. У складі модуля може створюватись декілька варіантів ансамблів, мінливих у часі. Тому ефект при повторних подразненнях може бути неоднаковим.

Крім того, аферентне волокно, дивергуючи, здатне активувати досить широку зону – розміром до 0,1 мм. У зоровій корі це до 5000 нейронів. Отже, один чутливий нейрон (його рецептор) проєкує сигнал на ціле поле нейронів кори з їх колатералями й зв'язками. Це забезпечує проєкцію не точка в точку, а на багато нейронів, що необхідно для повного аналізу й можливості передачі в інші "зацікавлені" структури. У цьому полягає екранний принцип функціонування коркових полів.

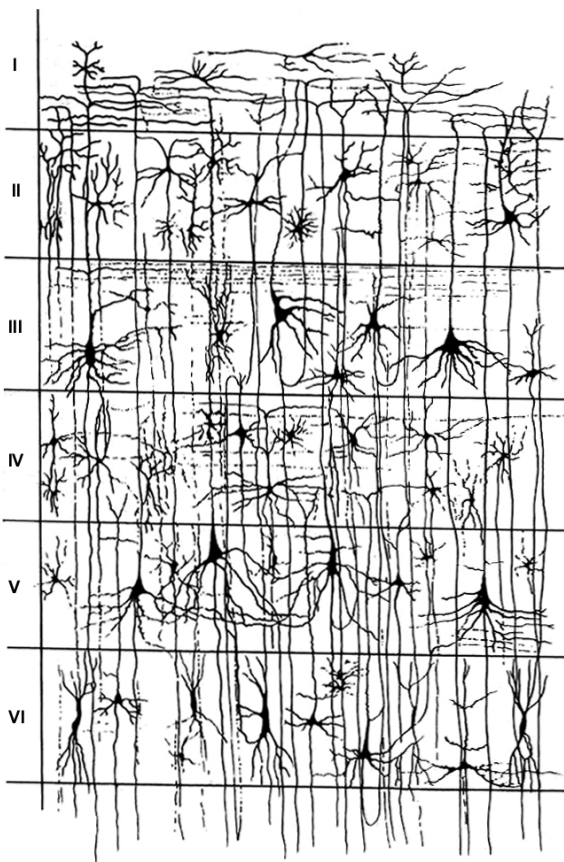


Рис. 4.40. Нейронна будова кори головного мозку.

I – молекулярний шар, II – зовнішній зернистий шар, III – шар малих пірамід (зовнішній пірамідний), IV – внутрішній зернистий, V – шар великих пірамід (внутрішній пірамідний), VI – поліморфний шар.

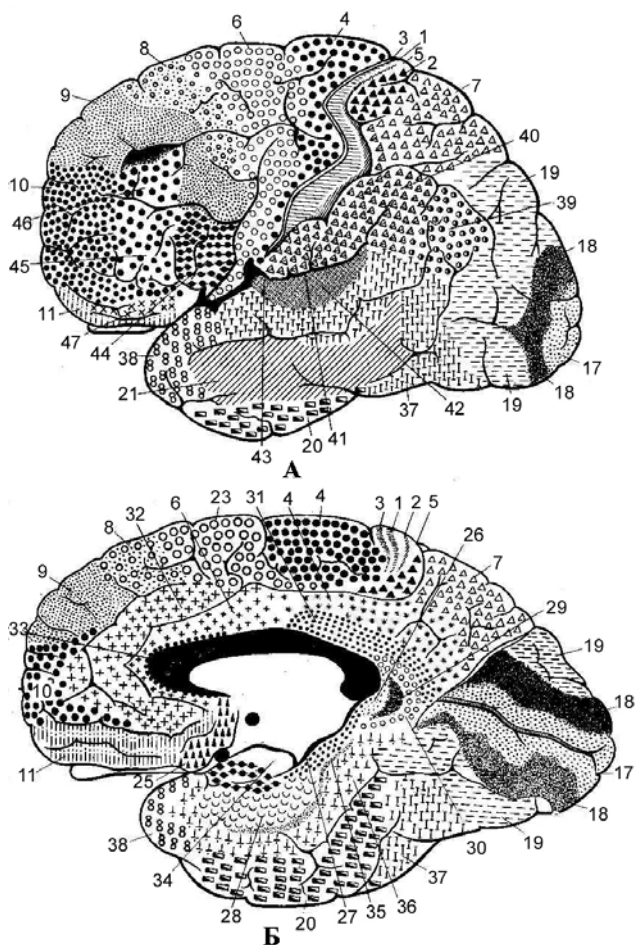


Рис. 4.41. Цитоархітектонічні поля за Бродманом. А – зовнішня поверхня; Б – медіальна поверхня.

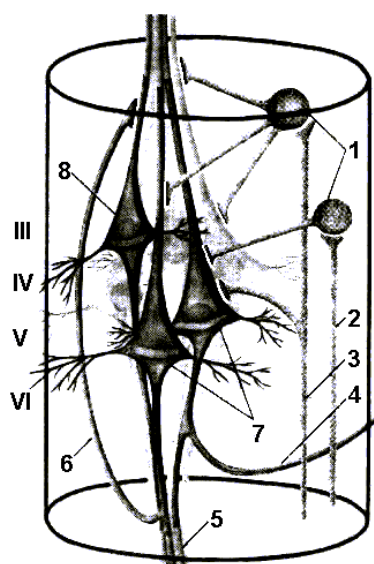


Рис. 4.42. Структурний модуль сенсомоторної кори (за О.Д.Ноздрачевим, 1991).

III – VI – коркові шари; 1 – інтернейрони; 2 – аферентний вхід на інтернейрон; 3 – аферентний вхід на інтернейрон і пірамідний нейрон; 4 – зворотна раль аксона, яка контактує з гальмівним інтернейроном; 5 – пучок аксонів, який виходить за межі колонки; 6 – зворотна колатераль із полегшуючими впливами у межах модуля; 7 – кортикоспінальні пірамідні клітини; 8 – кортикорубральна пірамідна клітина.

виходить за межі колонки; 6 – зворотна колатераль із полегшуючими впливами у межах модуля; 7 – кортикоспінальні пірамідні клітини; 8 – кортикорубральна пірамідна клітина.

Порівняльно-фізіологічний метод

Повне видалення кори у тварин, що посідають різні сходинки еволюційного ряду, спричиняє неоднозначні наслідки. У **риб** (кора представлена лише одним шаром нюхових клітин), **амфібій** (є нюхова кора), **рептилій** (кора пов'язана з системою трійчастого нерва й нюховими структурами) суттєвих змін та відхилень у поведінці не спостерігалось. У **птахів** (голубів) кора організована у вигляді півкуль, пов'язана з різними сенсорними системами; можливі складні рухові акти (літання, клювання, гніздування). Після видалення півкуль зникає ініціатива в прийманні їжі (навіть коли вона поряд), літання. Порушується батьківський рефлекс.

Відхилення в поведінці посилюються у ссавців – **кішок** і особливо **собак**. Здатні пересуватись, собаки можуть загинути від голоду та спраги, якщо їх штучно не годувати. **Безпівкулеві мавпи** більшу частину часу сплять. **Люди** аненцефали зовсім нежиттєздатні. Після *затяжної реанімації, при штучному життєзабезпеченні, людина, втративши функціонально кору, перетворюється на «живий труп».*

Метод часткового видалення та подразнення кори

Метод повного видалення кори було розроблено, виходячи з гіпотези про рівнозначність (еквіпотенціалізм) кори. В оцінці функцій окремих ділянок кори важливу роль відіграли **методи часткового видалення кори**, у комбінації з методами подразнення при порівнянні з клінічними спостереженнями, а згодом і з електрофізіологічними дослідженнями. Ці методи дозволили спростувати еквіпотенціалізм і затвердити певну локалізованість полів зіспеціалізованими функціями (рис. 4.43, 4.44). В експериментах на наркотизованих тваринах (собаках) Фрітц та Гітціг (1870) виявили, що електричне подразнення обмежених ділянок кори головного мозку викликає рух кінцівок з протилежного боку – передніх чи задніх у залежності від місця подразнення. Згодом «рухові ділянки» було вивчено й у корі мозку людини під час нейрохірургічних операцій. Електричне подразнення наносили на оголену поверхню мозку через трепанаційний отвір у стані неспання (Пенфілд, Расмуссен, 1950).

Головною руховою ділянкою є кора прецентральної звивини (поля 4 і 6 за Бродманом). Це M1. Їй властива соматотопічна організація з певним упорядкованим просторовим розташуванням центрів, котрі відають скороченнями певних груп м'язів (проекції догори ногами) (рис. 4.45). Найбільша площа ділянки для м'язів обличчя й пальців кисті, тобто ділянок тіла, що виконують особливо різноманітні й складні рухові функції, при розумінні, що треба зробити. Ця ділянка заходить і на медіальний край півкулі, а також виходить за

4-6 см, що оточують відповідні проєкційні поля.

Спеціальні ділянки верхнього й середнього вип'ячувань (конволюцій) у лівій півкулі (поле 42) пов'язані з розумінням мови. При їх пошкодженні втрачається здатність розуміти слова почуті, а також вимовлені самою людиною (**сенсорний центр мови Верніке**).

Зорова асоціативна кора (поля 18, 19 за Бродманом). Поле 18 забезпечує сприйняття цілісної картини, поле 19 – пізнання зорових образів. Ці поля забезпечують асоціацію зорової та інших видів чутливості. Синтезу підлягають не тільки зорові, але частково й тактильні та слухові відчуття. Усе це забезпечує пізнання предметів за їх багатьма ознаками. Подразнення поля 19 викликає зорові галюцинації, ушкодження – зорові агнозії (неможливість оцінити джерело світлового впливу, сприйняти написані слова). **Агнозія** – порушення пізнання при збереженні елементарної чутливості й свідомості. Агнозії головним чином пов'язані з пошкодженням асоціативних тім'яно-потиличних ділянок. Кірковий кінець зорового аналізатора **письмової мови** розташований в кутовій звивині. При пошкодженні його має місце **алексія** (порушення здатності читати та розуміти написане).

Пошкодження слухової асоціативної кори викликає **слухову агнозію** – неможливість пізнати джерело звукової дії. Ця ділянка, розташована на периферії слухової первинної ділянки, є асоціативним слуховим полем, пов'язаним з оцінкою значущості звуків. Її подразнення викликає слухові галюцинації й рухи голови в протилежний бік. З пам'яті витягаються звукові образи минулого (Пенфілд).

«Поле імен» забезпечує можливість назвати предмет.

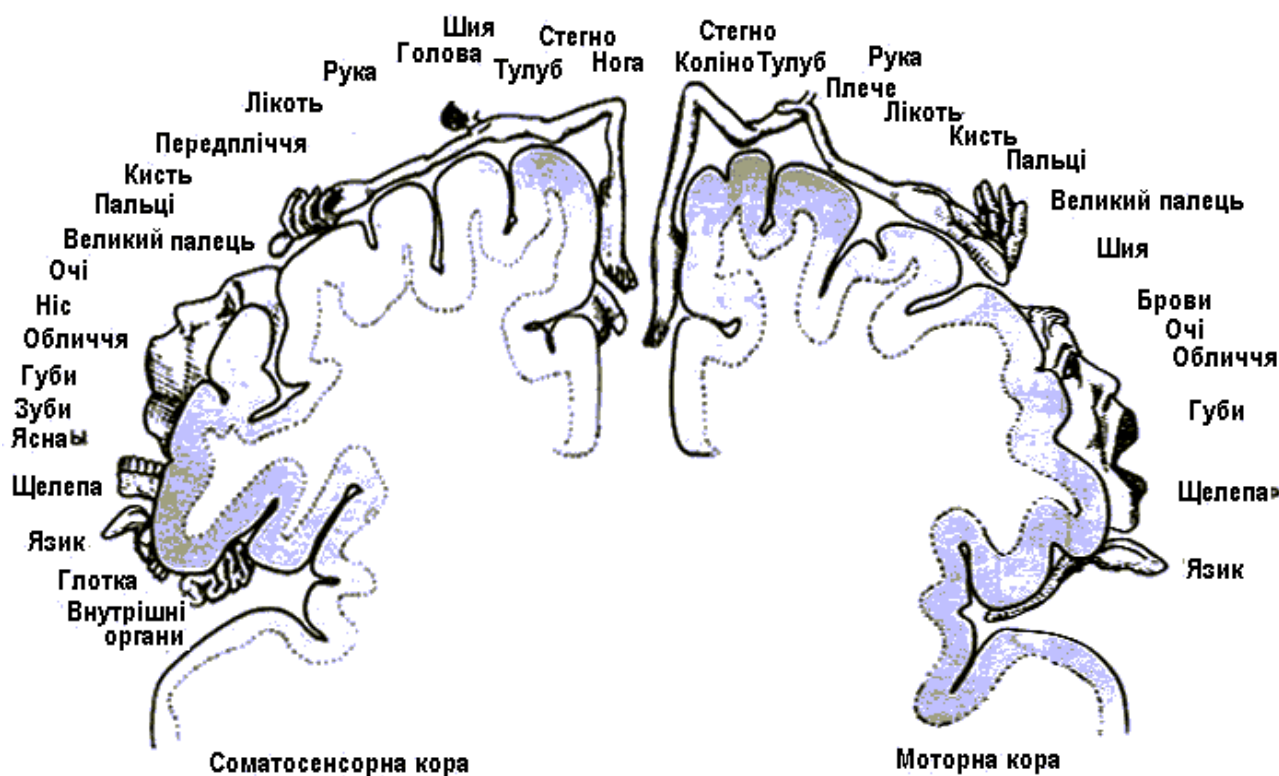


Рис. 4.45. Соматосенсорна та моторна кора. На малюнку показано тільки половини кожної з таких коркових ділянок: ліва соматосенсорна ділянка (отримує сигнали переважно від правої половини тіла) і права моторна ділянка (здійснює керування рухами лівої половини тіла).

Тактильна агнозія спостерігається при пошкодженні верхньої тім'яної частки, яка прилягає до ділянки шкіряної чутливості. Не впізнаються предмети при обмацуванні за формою, об'ємом (астереогнозія), хоча тактильна й глибока чутливість збережені.

Апраксії (на відміну від еупраксії – правильних дій) полягають у порушеннях цілеспрямованих доцільних дій, виконання яких слід було здійснити за наказом, за інструкцією або за взірцем (наслідуванням). У зв'язку з пошкодженням асоціативних полів тім'яної кори лівої півкулі (у правшів) – неможливість заселити нитку в голку, шити та ін.); з ушкодженням поля 40 тім'яної кори – неможливість намалювати чи зконструювати.

Отже, пошкодження асоціативного поля не призводить до втрати якогось виду чутливості, але не дає можливості оцінити значення діючого подразника, джерело подразнення. Якщо активація проєкційних полів забезпечує оцінку модальності, вида подразника подібно до сигнального дзвоника за телефоном чи лампочки на табло, то активацією асоціативного поля розкривається суть подразника (зміст телефонної розмови), його значення, всебічна оцінка ситуації. Так, скроневі асоціативні поля важливі у сприйнятті форми, схеми, розташування власного тіла, просторових відношень навколишнього світу.

Лобна кора (поля 9–14) посідає дещо особливе місце.

Ця ділянка пов'язана з моторними полями, що забезпечує задум рухової програми. Пов'язана з гіпоталамусом і лімбічною системою; звідси впливає роль префронтальної кори в узгодженні при поведінковій діяльності зовнішніх ситуацій і внутрішніх мотивацій. Як наслідок:

- адекватність поведінки;
- керування природженими поведінковими реакціями за допомогою накопиченого досвіду;
- реалізація найвищих форм інтегративної діяльності мозку;
- цілеспрямований вибір рухів, дій, що важливо при навчанні з урахуванням індивідуального досвіду, отже, причетність до організації пам'яті;
- на підставі попереднього синтезу сигналів, за рахунок вилучення інформації про минулий досвід, прогнозування.

Отже, лобна кора – це важлива ділянка акцептора результату дії (Анохін, Судаков).

При пошкодженнях лобної кори в поведінці людини спостерігається імпульсивність, підвищена емоційність, розгальмованість, роздратованість, ейфорія та інші прояви психічної нестійкості, нестриманості, неврівноваженості.

При ствердженні ролі лобної кори як вищого регуляторного відділу, вищі нервові функції не можна спроекувати на окремі ділянки лобної кори. Будь-яка її частинка може бути залучена до здійснення кожної з вищих функцій в залежності від індивідуального досвіду. Тому «лобні» хворі можуть виявляти вельми різні розлади – порушення пізнання, пам'яті, інтелекту, навчання та ін. Лобна кора відповідає за соціальні контакти. Тут спостерігається велика функціональна динамічність.

Отже, якщо проєкційні поля мають фіксовану локалізацію в корі й зв'язки з нижчерозташованими центрами (жорсткі ланки), то асоціативні функціонують як ціле, пов'язані зі складними процесами вищої нервової діяльності, психічної діяльності (гнучкі ланки – Н.П.Бехтєрєва). Взагалі фізіологічний принцип діяльності кори є системним, потребує залучення самих різних ділянок кори, хоча й нерівнозначних (не еквіпотенціальних).

Електроенцефалографія

Електроенцефалографія - це метод реєстрації біопротів головного мозку при розташуванні реєструючих електродів на поверхні черепа (рис. 4.46). У випадку контакту електродів з поверхнею кори метод має назву «електрокортикографія».

На електроенцефалограмі (ЕЕГ) виділяють наступні компоненти (рис. 4.47):

α-хвилі – їх частота складає 8-13/с, амплітуда 50 мкВ; це основний фон електричної активності мозку у стані спокійного неспання; **β-хвилі** – їх частота 14-30/с, амплітуда 30 мкВ; це хвилі активного неспання; (виникають при дії подразників, розплющенні очей, емоційному збудженні), а також у парадоксальній стадії сну;

δ-хвилі – їх частота 1-3,5/с, амплітуда 100 мкВ; спостерігаються при гіпервентиляції, у наркозі, повільній фазі сну, при деяких патологічних станах (у ділянках, сусідніх з пухлиною, як прояв гальмівного стану);

θ-хвилі – їх частота 4-7/с, амплітуда 100-200 мкВ; переважно виникають у парієтальних і скроневих ділянках; з'являються при засипанні.

ЕЕГ має певне діагностичне значення, оскільки є показником функціонального стану головного мозку.

Електрична активність головного мозку дитини за частотно-амплітудною і топографічною характеристикою суттєво відрізняється від ЕЕГ дорослої людини.

У розвитку біоелектричної активності в онтогенезі виділяють чотири періоди:

- 1) від моменту народження до 18 місяців у всіх ділянках мозку домінує δ-активність;
- 2) від 18 місяців до 5 років домінує θ-активність;
- 3) від 6 років до 10 років домінує α-ритм (лабільна фаза);
- 4) після 10 років домінує α-ритм (стабільна фаза).

Вікові зміни електричної активності головного мозку зумовлені морфофункціональним дозріванням кори великих півкуль

Рис. 4.46.
Електроенцефалографія.

А – утворення хвиль ЕЕГ зумовлено дією на реєструючий електрод потенціалів багатьох нейронів;
Б – заміна α -хвиль (основний фон ЕЕГ у стані спокійного неспання) на β -хвилі при розплющенні очей.

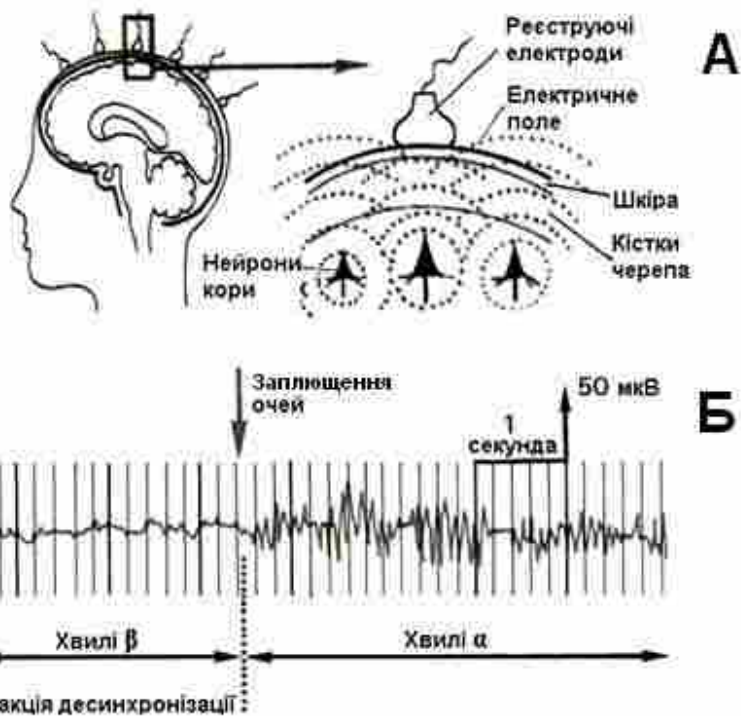
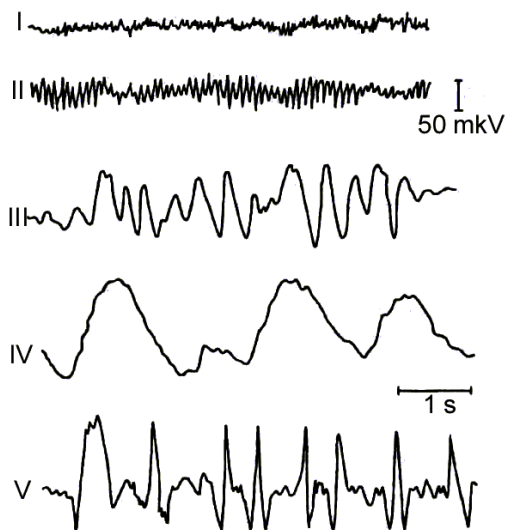


Рис. 4.47. Схема головних ритмів електроенцефалограми.

I – бета-ритм, II – альфа-ритм, III – тета-ритм,
IV – дельта-ритм, V – судомні розряди.



Викликані відповіді

Викликані відповіді (викликані потенціали – ВП) – електричні реакції нервового центру у відповідь на надходження аферентних імпульсів при подразненні рецепторів, чутливих шляхів, нервів чи інших ділянок ЦНС. Типовими є первинні й вторинні ВП (рис. 4.48).

Первинні відповіді – електричні реакції кори на залп імпульсів, які проводяться специфічними аферентними шляхами. Реєструються в проєкційних полях кори, з мінімальним прихованим періодом (біля 5 мс), формуються за участю релейних ядер таламусу, стабільні за формою (позитивно-негативні), стійкі при повторних відтвореннях з порівняно високою частотою, зберігаються в наркозі. Їх виявлення послужило підтвердженням локалізації проєкційних полів у корі. Обумовлені активацією мономодальних нейронів.

Вторинні відповіді – електричні реакції, обумовлені залпом імпульсів, які проводяться додатковими шляхами. У

залежності від характеру цих зв'язків розрізняють калозальні, ретикуло-стовбурові, ретикуло-таламічні; значне місце займають асоціативні. Їх особливості: тривалий ЛП – 15-60 мс, різноманітність за формою й мінливість, слабе ритмічне відтворення, підвищена чутливість до наркозу. Обумовлені активацією в таламусі асоціативних і неспецифічних ретикулярних ядер; виявляються в корі за межами проєкційних полів (в асоціативних ділянках). Задіяні полімодальні нейрони.

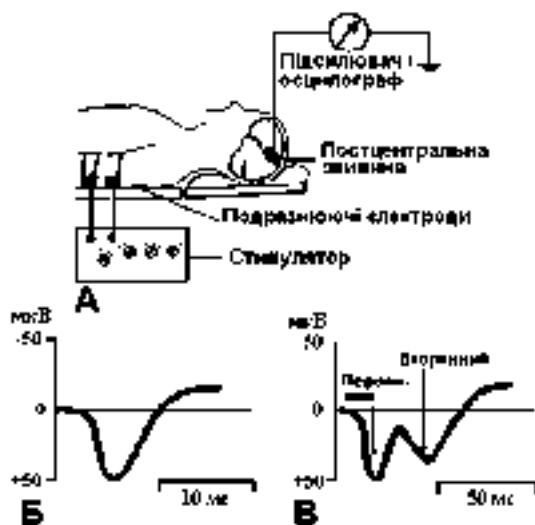


Рис. 4.48. Викликані потенціали кори головного мозку людини.

А. Схема експериментальної установки. Запис здійснюється за допомогою електроенцефалографічного електрода, розташованого на шкірі голови. Б. Первинний викликаний потенціал місця проєкції подразнюваної ділянки шкіри в постцентральної звивині. В. Первинний і вторинний викликані потенціали.

Інші методи оцінки функцій кори великих півкуль

Метод реєстрації активності окремих нейронів кори великих півкуль, започаткований Лі та Джаспером (1953), розповсюджений зараз як в експериментах (гострих та хронічних) так і в клінічній практиці (Трохачов О.І., 1971). Це стало можливим завдяки досягненням мікроелектродної техніки (Svetichin, 1951; Костюк П.Г., 1960; Коган О.Б., 1960).

Технічним досягненням останнього часу є застосування **методу позитронно-емісійної томографії** (ПЕТ) у дослідженнях мозкових процесів на рівні кори мозку за даними змін інтенсивності кровопостачання. У кров вводиться глюкоза з радіоактивним ізотопом вуглецю (C_{11}). У парі з електроном він знищується з виділенням енергії й випромінюванням; відбувається віддача двох γ -квантів. Це вловлюється детекторами, у площині яких розташовується голова людини. При появі фотонів (квантів світла) комп'ютер реєструє їх. Чим інтенсивніше "працює" ділянка мозку, тим більше її постачання кров'ю та киснем, отже й доставка глюкози з радіоізотопом вуглецю. Наприклад, помічено, що в людей талановитих, "розумних" території засвітлення охоплюють збільшений простір. Це має свідчити про більшу розповсюдженість міжнейронних зв'язків. При неспанні свічення підсилюється, особливо у лобній частці лівої півкулі, праворуч – в скроневій, у основи лоба – двобічно. Уві сні свічення падає. У парадоксальній фазі зі сновачення воно залишається в потиличній ділянці.

За методом ПЕТ встановлено своєрідність роботи різних нейронів кори мозку (Медведев С.В.). Серед них є не дуже прив'язані до якоїсь певної ділянки – вони залучаються при вирішенні будь-якої задачі. Але деякі нейрони активуються вибірково – при тому, що інші нейрони при цьому "мовчать".

За допомогою ПЕТ можна оцінити відносно повільні процеси, які здійснюються протягом сотень і тисяч мілісекунд. Для спостереження більш швидких явищ у клітинах і ділянках мозку, наприклад сприйняття світлового стимула (для сітківки це 15-20 мс, 20-30 мс у зовнішньому колінчастому тілі, 40-60 мс – у корі) запропоновано **магнітоелектроенцефалографічний метод**. За основу покладено реєстрацію зрушень магнітних полів.

СЕНСОРНІ СИСТЕМИ (АНАЛІЗАТОРИ)

Усім живим організмам необхідна інформація про оточуюче середовище для пошуку їжі, запобігання небезпеки, орієнтування у просторі, для здійснення як найпростіших рефлекторних актів, так і найскладнішої психічної діяльності людини. Інформація необхідна також для пристосування до умов середовища, які змінюються, для пізнання людиною оточуючого світу, для здійснення трудової та творчої діяльності. Уся інформація постачається сенсорними системами організму: зоровою, слуховою, нюховою, смаковою

вестибулярною, соматосенсорною (тактильною, температурною, пропріоцептивною, больовою) системами. Опрацювання отриманої інформації відбувається за допомогою ЦНС. ЦНС перетворює вплив подразника, дію якого сприймають органи чуття, у відчуття і сприйняття, у феномени й зміст свідомості. Ті функції ЦНС, що забезпечують сприйняття й обробку подразнень, належать до сенсорних функцій (від лат. *sensus* – чуття, відчуття).

Сенсорні системи виконують наступні функції:

- виявлення подразника;
- розрізнення подразників;
- кодування інформації;
- проведення інформації сенсорними шляхами, її переробка й перетворення;
- детекція ознак предметів;
- упізнання образів.

За рахунок сенсорних систем головний мозок отримує інформацію про стан внутрішніх органів, рухового апарату, розташування окремих частин тіла одна відносно іншої в просторі.

Сенсорні системи (аналізатори за Павловим) – комплекс утворень, які забезпечують сприйняття, переробку й аналіз інформації, яка надходить. Ці структури приймають участь у формуванні відчуттів, уявлень про оточуючий світ, явища, предмети. До складу кожної сенсорної системи, за Павловим, входить 3 відділи: периферичний, провідниковий та кірковий.

Поняття про рецептор, рецепторну ділянку, класифікацію рецепторів

Головною частиною периферичного відділу сенсорних систем є рецептори – „вікна” ЦНС. **Рецептор – це спеціалізована клітина чи її частина, яка сприймає подразнення і перетворює його в код.** Таке визначення зумовлене тим, що в ряді випадків подразнення сприймає вся клітина (хеморецептори каротидного синуса), в інших – лише її частини – мікрроворсинки (смакові, нюхові), або вільні нервові закінчення (больові, температурні).

Рецептори утворюють **рецепторні ділянки – сукупність точок периферії, подразнення яких викликає подразнення однієї і тієї ж клітини.**

Функції рецептора: сприйняття подразнення, первинне розрізнення, формування коду. Особливостями рецепторів є, по-перше, те, що джерелом енергії для їх діяльності служить потенційна енергія, яка накопичена в них у результаті обмінних процесів. По-друге, вони вибірково чутливі до адекватних подразників, тобто володіють специфічністю. По-третє, на виході з них чи з рецепторної клітини виникає електрична активність у вигляді локального потенціалу, який, у результаті, перетворюється в потенціал дії (ПД).

Класифікація рецепторів

1. За місцем розташування їх поділяють на: *екстерорецептори*, які забезпечують зв'язок із зовнішнім середовищем і *вісцерорецептори*, які сприймають сигнали від внутрішніх органів. Різновидністю останніх є *пропріорецептори*, які сприймають зміни положення частин тіла.

2. За типом модальності подразнення рецептори поділяють на механо-, термо-, хемо-, фоно-, фоторецептори.

3. За якістю відчуття виділяють: слухові, зорові, смакові, нюхові, больові.

4. За віддаленістю від подразника їх поділяють на дистантні (фоно-, фоторецептори) і контактні (тактильні, смакові).

5. За способом реагувати на один чи більше число подразників: моносенсорні (фоторецептори) і полісенсорні (механотермоцицептори).

6. За наявністю чи відсутністю їх активності без дії подразнення їх поділяють на *фонові активні*, які мають постійно той чи інший рівень активності (вестибуло- і пропріорецептори) і „мовчазні”- ті, які відповідають активності лише на подразнення (больові рецептори).

7. За здатністю до адаптації виділяють: рецептори, що швидко адаптуються (тільца Пачіні), погано адаптуються (вестибулярні, пропріоцептивні) і такі, що майже не адаптуються (больові).

8. За величиною порогу поділяють на низькопорогові (фоно-, фоторецептори) і високопорогові (деякі механорецептори легень).

9. За особливостями їх активації - на *первинночутливі* чи первинні і *вторинночутливі* чи вторинні. Первинні – такі, у яких подразнення діє безпосередньо на відросток нервової сенсорної клітини (нюхові, больові, температурні, тактильні, пропріоцептивні). Вторинні - такі, у яких між подразником і нервовою клітиною знаходиться спеціалізована (не нервова) рецепторна клітина (смакові, слухові, вестибулярні, зорові), тому дія подразника є опосередкованою.

Механізм збудження первинних і вторинних рецепторів

У первинних рецепторах при дії подразника відбувається його взаємодія з білком-рецептором мембрани закінчень нервової сенсорної клітини. У результаті в клітині виникає рецепторний потенціал (РП), який володіє всіма властивостями локального потенціалу. Він одночасно є генераторним потенціалом (ГП), оскільки на його базі виникає ПД.

У вторинних рецепторах цей процес дещо складніший. Подразник взаємодіє з мембраною спеціалізованої (не нервової) рецепторної клітини. У відповідь на це виникає РП, що призводить до виділення із пресинаптичної мембрани рецепторної клітини медіатора. Медіатор впливає на закінчення нервової клітини, деполяризуючи її. Це призводить до виникнення в нервовій клітині ГП, який при досягненні критичного рівня деполяризації перетворюється в ПД. Слід відмітити, що в людини немає рецепторів на деякі види енергії, наприклад, на рентгенівське та ультрафіолетове випромінювання.

Провідниковий відділ сенсорних систем

ПД, який виник, поширюється по нервових волокнах сенсорними шляхами в ділянки, що розташовані вище. Розрізняють наступні типи шляхів.

1. **Специфічні шляхи** – несуть інформацію від рецепторів через різні рівні ЦНС до специфічних ядер таламуса, а від них до специфічних центрів кори – проєкційних ділянок. Виключення - нюховий шлях, волокна якого не проходять через таламус. Ці шляхи забезпечують інформацію про фізичні параметри подразників.

2. **Асоціативні таламо-кортикальні шляхи** - не мають прямих зв'язків з рецепторами, отримують інформацію від асоціативних ядер таламуса. Ці шляхи забезпечують інформованість про біологічне значення подразників.

3. **Неспецифічні шляхи** - утворені ретикулярною формацією (РФ), впливають на збудливість нервових центрів.

Важливо підкреслити, що в сенсорних системах є також еферентні шляхи, які впливають на збудження різних рівнів сенсорних систем. При проходженні імпульсів сенсорними шляхами відбувається не тільки збудження, але й гальмування різних рівнів ЦНС. Провідниковий відділ забезпечує не тільки проведення імпульсів, але й також їх переробку з виділенням корисної інформації та гальмуванням менш важливої. Це можливо тому, що провідниковий відділ включає не тільки нервові волокна, але й нервові клітини різних рівнів ЦНС.

Кірковий відділ сенсорних систем

У сучасному уявленні кірковий відділ сенсорних систем представлений проєкційними (первинними чи специфічними) і асоціативними (вторинними, третинними) ділянками.

Проєкційна ділянка кожної сенсорної системи є центром певного виду чутливості, де формується відчуття. Воно складається переважно з моносенсорних клітин, які отримують інформацію від специфічних ядер таламуса певного типу по специфічному шляху. Проєкційна ділянка забезпечує сприйняття фізичних параметрів подразника. У проєкційних ділянках виявлена топічна організація (topos – місце), тобто, впорядковане розташування проєкцій від рецепторів.

Асоціативні ділянки складаються переважно з полісенсорних клітин, які отримують інформацію не від рецепторів, а від асоціативних ядер таламуса. Завдяки цьому асоціативні ділянки забезпечують оцінювання біологічного значення подразника, оцінку джерела виникнення стимулу.

У кірковому відділі кожної сенсорної системи відбуваються процеси аналізу та синтезу, розпізнання образів, формування уявлень, детекція (виділення) ознак й організація процесів запам'ятовування важливої інформації.

Властивості сенсорних систем

Постійність настроювання – це властивість оснований на тому, що як для людини, так і для тварин існують певні діапазони сприйняття тих чи інших подразнень. Наприклад, сприйняття звукових коливань у людини здійснюється в діапазоні частот від 20 до 30000 Гц, сприйняття світлових променів у діапазоні довжини хвиль від 400 до 750 нм (нм – 10^{-9} м).

Специфічність органів чуття полягає в тому, що кожен рецептор у процесі еволюції пристосувався до сприйняття певного виду подразнення, специфічного (адекватного) для нього. До таких подразників органи чуття найбільш чутливі.

Неадекватні подразники діють лише при дуже великій силі й збуджують не рецептори, а нервові волокна, які не володіють специфічністю, тому подразнення не буде відображати всі якості подразника.

Висока чутливість до дії адекватних подразників.

Формування відчуттів відбувається при дії подразника достатньої сили – не менше порогової.

Розрізняють два види порогів відчуття: абсолютний та диференційний (розрізнення).

Абсолютний поріг – та найменша сила подразнення, яка здатна викликати відчуття. Пороги для адекватних подразників дуже малі. Так, для світлового подразнення він складає 1-5 квантів світла, для слухового – дорівнює величині енергії, необхідної для коливання атому H^+ , для нюхового – однієї чи декількох молекул пахучої речовини.

Диференційний поріг відчуття - та мінімальна прибавка до подразнення, яка викликає зміну інтенсивності відчуття.

Вивчав це питання проводив. Він встановив, що існує залежність між силою подразнення та інтенсивністю відчуття. Приріст подразнення повинен, на його думку, складати $1/17-1/34$ від вихідного значення. Пізніше було показано, що таке підтверджується лише при середніх величинах сили, а при дуже малих чи великих цієї закономірності немає. У зв'язку з цим Фехнер вніс поправку та сформулював **психо-фізіологічний закон, у відповідності з яким інтенсивність відчуття пропорційна логарифму інтенсивності подразнення.** Цей закон він виразив формулою: $S=K \lg I/I_0$; де I_0 – порогова сила, I – надпорогова сила, S – інтенсивність відчуття, K – постійна величина, специфічна для кожної сенсорної системи.

Адаптація сенсорних систем

Адаптація – зниження інтенсивності відчуття, яке виникло при довготривалій чи постійній дії подразника.

Фактори, які впливають на швидкість адаптації.

1. Зовнішній фактор. Обумовлений особливостями допоміжних структур рецепторного апарата. Наприклад, у тілець Пачіні це капсули рецептора, які не пропускають до нервового закінчення статичний компонент подразнюючої дії. Завдяки цьому в першому перехваті Ранв'є генерується лише 1-2 ПД.

Внутрішній фактор пов'язують з фізико-хімічними процесами, які відбуваються в рецепторах. У результаті чого зменшуються амплітуди РП і внаслідок цього й частота генерованих ПД, що призводить до послаблення відчуття.

2. Еферентні впливи РФ і симпатичної нервової системи на різні рівні сенсорної системи, що змінює їх збудливість.

У процесі довготривалої дії подразника пороги відчуття як абсолютний, так і диференційний - **зростають.**

Адаптація має велике значення для сприйняття подразнення. Послаблення реакції на попереднє подразнення забезпечує сприйняття знову утвореного подразника.

Соматична сенсорна система

Периферичний відділ соматичної сенсорної системи

Соматична сенсорна система забезпечує відчуття, яке виникає за рахунок інформації, що надходить від рецепторів тіла. Ці рецептори можна поділити на такі групи:

- механорецептори, включаючи тактильні та пропріоцептивні;
- терморецептори (холодові та теплові);
- больові рецептори, які активуються при пошкоджуючих впливах.

Характеристика тактильних рецепторів. Відчуття, які виникають при збудженні цих рецепторів – дотик, тиск, вібрація, лоскіт, свербіж. Тактильні рецептори розташовуються в різних ділянках шкіри (епідермісу й дерми). Відчуття виникає при подразненні більш поверхневих ділянок шкіри, а тиск – більш глибоких.

Тактильних рецепторів нараховують 6 видів.

1. Вільні нервові закінчення – полісенсорні, такі, які можуть збуджуватися при дії як механічних, так і температурних впливів.

2. Тільця Мейснера – рецептори дотику, представляють собою інкапсульовані нервові закінчення. Вони швидко адаптуються. Їх багато на шкірі пальців, долонь, підошовної поверхні.

3. Диски Меркеля – їх також багато на кінчиках пальців рук. Вони разом з тільцями Мейснера відіграють роль у локалізації подразнень. Вони повільно адаптуються. Диски Меркеля інколи групуються в куполоподібні рецептори Пінкуса – Ігго.

4. Тільця Руфіні – розгалужені інкапсульовані закінчення нервових волокон. Вони розташовані в більш глибоких шарах шкіри, погано адаптуються.

5. Тільця Пачіні – найбільш крупні рецептори, які мають форму цибулини. Вони розташовуються більш глибоко й у фасціальних тканинах (рис. 12.1).

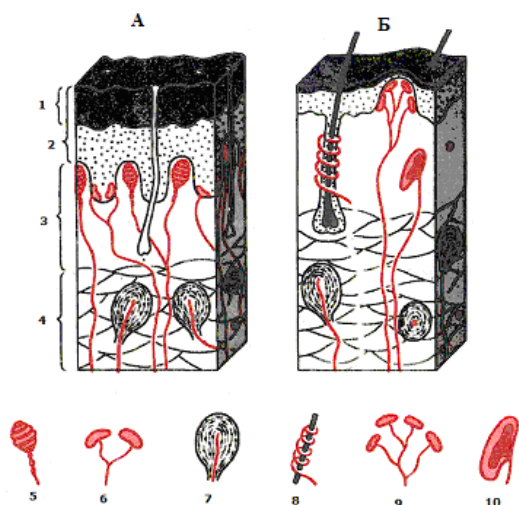


Рис. 12.1. Схема будови механорецепторів шкіри на ділянках, що не мають волосся (А) та на ділянках з волоссям (Б).

1 - роговий шар, 2 – епідерміс, 3 – коріум, 4 – підшкірна клітковина, 5 – тільце Мейснера, 6 – диск Меркеля, 7 – тільце Пачіні, 8 – рецептор волоссяного фолікула, 9 – дотиковий диск, 10 – закінчення Руфіні.

Тільця Пачіні подразнюються при швидкому переміщенні тканин, тому важливі для оцінки швидких механічних впливів. Адаптуються швидко. Вони зустрічаються в місцях з'єднання м'язів і сухожилля, в тканинах суглобів. Їх величина від 0,4 до 0,5 мм.

6. Рецептори волоссяних фолікулів, утворені нервовими волокнами, розташованими в основі волосся. Вони швидко адаптуються.

Характеристика тактильних рецепторів

Відчуття, які виникають при збудженні цих рецепторів – дотик, тиск, вібрація, лоскіт, свербіж.

Тактильні рецептори розташовуються в різних

ділянках шкіри (епідермісу й дерми). Відчуття виникає при подразненні більш поверхневих ділянок шкіри, а тиск – більш глибоких.

У визначенні відчуття вібрації тканин приймають участь усі тактильні рецептори. При різній частоті вібрації збуджуються різні рецептори. Відчуття лоскоти й свербіжу пов'язано, в основному, із вільними нервовими закінченнями, що швидко адаптуються. Такі рецептори є лише в поверхневих шарах шкіри. Відчуття свербіжу дуже важливе для розпізнання повзання комахи по шкірі чи укусу комара, який викликає свербіж.

Оцінка порогів тактильного відчуття відбувається за допомогою естезіометра Фрея, який дозволяє визначити силу тиску, що виникає на поверхні шкіри. Поріг відчуття для різних ділянок шкіри різний і складає 50 мг - для найбільш чутливих і 10 г – найменш чутливих. Пороги просторового розрізнення для тактильної чутливості дозволяють оцінити густину розташування рецепторів. Їх визначають за допомогою циркуля Вебера, що має дві „ніжки” з голками. Розсовуючи їх, можна знайти ту мінімальну відстань, на якій два дотики сприймаються окремо. Це й буде **просторовий поріг розрізнення**. Для рецепторів шкіри губ він дорівнює 1 мм, для шкіри подушечок пальців рук – 2,2 мм, для шкіри кисті руки – 3,1 мм, для шкіри передпліччя – 40,5 мм, а для шкіри потилиці й спини – 54-60 мм, стегна – 67,6 мм.

Оцінка тактильного відчуття має важливе значення для клініки нервових хвороб при постановці діагнозу враження різних відділів ЦНС.

Характеристика пропріорецепторів

Пропріорецепція забезпечує сприйняття пози й рухів нашого організму. Вона забезпечує глибоку, кінестезичну чутливість. Пропріорецептори – механорецептори, які подразнюються при розтягненні.

Пропріорецептори поділяють на 2 групи:

1 - м'язові веретена;

2 - сухожильні органи Гольджі.

М'язові веретена знаходяться в м'язах. До робочих м'язів вони прикріплюються паралельно, тому збуджуються чи при розтягненні екстрафузальних м'язів, чи при скороченні м'язових волокон веретен – інтрафузальних м'язів. У зв'язку з цим їх називають рецепторами розтягнення. Ці рецептори приймають участь у регуляції довжини м'язів і в оцінці швидкості зміни довжини м'язів.

Сухожильні органи Гольджі розташовуються в сухожиллях, зв'язках, суглобах. Вони прикріплюються з одного кінця до м'яза, а з другого - до його сухожилля, тому розташовуються по відношенню до м'яза послідовно, але подразнюються також розтягненням, яке виникає при скороченні робочого м'яза й зростанні його напруги. Вони приймають участь у регуляції тону м'язів.

Характеристика терморецепторів

Терморецептори розташовані не тільки в шкірі, але й у внутрішніх органах і навіть у ЦНС (гіпоталамус). Вони є первинними рецепторами, оскільки утворені вільними нервовими закінченнями й поділяються на

холодові й теплові.

Значення терморецепторів полягає не тільки у визначенні температури середовища чи предметів. Вони відіграють велику роль у регуляції постійності температури тіла людини й тварин. Терморецептори добре адаптуються.

Провідниковий та кірковий відділи соматичної сенсорної системи

Від пропріорецепторів імпульси йдуть у складі аферентних волокон групи А-альфа (70-120 м/с), від тактильних рецепторів – у складі аферентних волокон групи А-бета (40-70 м/с) і А-дельта (15-40 м/с), а для імпульсів, які йдуть від рецепторів, що викликають відчуття свербіжу – у складі С-волокон (0,5-3 м/с). Проведення імпульсів від терморецепторів здійснюється волокнами групи А-дельта і С-волоконками.

Від тулуба й кінцівок імпульси йдуть у складі спинномозгових нервів, а від голови – у складі трійчастого нерва. Для проведення імпульсів, що забезпечують тактильну чутливість, використовуються спинномозково-кортикальні тракти Голя і Бурдаха.

Кіркове представництво соматичної сенсорної системи знаходиться в пост- центральній звивині СМІ (рис. 12.2).

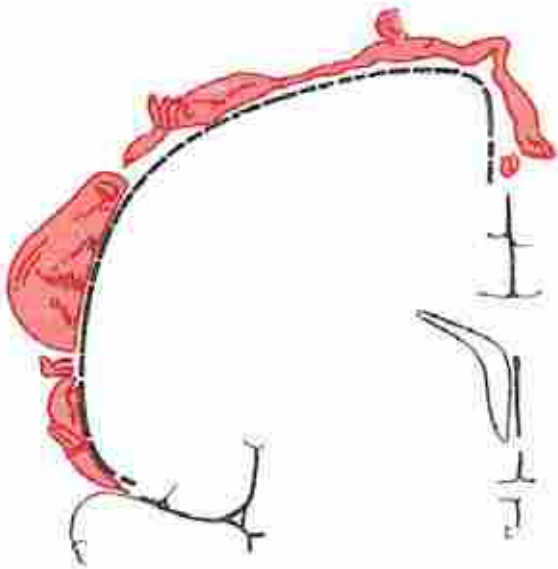


Рис. 12.2. Представництво різних частин організму людини в задній центральній звивині.

Кіркове представництво сомато-сенсорної системи характеризується рядом особливостей.

1. Соматотопічною організацією – визначеним розташуванням проєкцій ділянок тіла в ній. Тіло спроектоване в постцентральної звивині вверх ногами.

2. Не співпаданням розмірів цих проєкцій – найбільші території займають язик, губи, гортань, кисть, як найбільш важливі для оцінки подразнення. Найменші території – проєкції тулуба й нижніх кінцівок.

3. Контралатеральне розташування проєкцій від рецепторів лівої сторони імпульси надходять у праву півкулю, а від правої сторони – у ліву півкулю.

4. Складається переважно з моносенсорних нейронів.

Подразнення ділянки СМІ призводить до виникнення відчуттів ідентичних тим, які виникають при дії подразників (дотик, вібрація, тепло, холод, рідко біль).

Асоціативна ділянка СМІІ знаходиться біля латерального кінця постцентральної звивини на верхній стінці сільв'євої борозни й складається переважно з полісенсорних нейронів. Вона має білатеральне соматотопічне представництво тіла, тому відіграє суттєву роль у сенсорній та моторній координації двох сторін тіла (наприклад, при дії обох рук).

Пошкодження ділянки СМІ – призводить до порушення тонкої локалізації відчуттів, а пошкодження ділянки СМІІ – до **астереогнозії** – невпізнання предметів при обмацуванні (без контролю зору).

Больова (ноцицептивна) сенсорна система

Ноцицептивна система (nocens – пошкодити, лат.), на відміну від інших сенсорних систем, не надає інформацію про навколишній світ. Проте вона має не менш важливе значення, оскільки інформує людину про майбутню небезпеку, а отже, відіграє захисну роль. Термін “ноцицептивна” вперше був запропонований Шеррінгтоном.

Біль – це системна реакція організму, спрямована на захист від пошкоджуючої дії. Її стародавні греки називали “сторожовим псом здоров'я”. Для людини біль означає сигнал, що нагадує про необхідність звернення до лікаря.

Класифікація болю

Існують різні види класифікацій болю з урахуванням місця його виникнення, тривалості, характеру, ча-

су настання тощо.

Перш за все, біль поділяється на **психогенний**, не пов'язаний з дією зовнішнього подразника й **фізичний**, що виникає в результаті пошкоджуючої дії зовнішнього подразника. Фізичний біль поділяється на **соматичний** і **вісцеральний**.

Соматичний біль, у свою чергу, поділяють на **поверхневий**, викликаний дією на шкіру й **глибокий**. Як правило, поверхневий біль добре локалізується, виникає при порізах, забиттях, при дії високих температур. Глибокий біль виникає при дії пошкоджуючих подразників на суглоби, зв'язки, м'язи, сухожилки – структури, розташовані глибше, ніж шкіра. Цей біль менш чітко локалізований.

Вісцеральний біль – завжди глибокий, дуже погано локалізується, виникає у внутрішніх органах. Умови, за яких він виникає, завжди різні. По-перше, він може виникнути при сильному **розтягненні гладенької мускулатури** порожнистих внутрішніх органів. Наприклад, якщо вихід із сечоводів чи сечового міхура закупорений каменем, тоді виникає надзвичайно сильний біль (коліки). По-друге, вісцеральний біль може виникати при сильному **скороченні мускулатури** внутрішніх органів, особливо якщо при цьому виникає порушення кровопостачання органів. Наприклад, сильний біль виникає при ішемії міокарда, при приступах мігрені тощо. Вважають, що однією з основних причин болю при цьому є порушення надходження кисню до тканин. Вісцеральний біль часто буває дифузним, тупим, але може бути й гострим. Для цього виду болю характерно супроводження багаточисельними автономними реакціями (посилення потовиділення, підвищення частоти серцевих скорочень, артеріального тиску та ін.). Особливо сильний біль виникає при натягах кореня брижі, парієтальної очеревини. Біль за своїм характером може бути: ниючим, ріжучим, колючим, тиснучим; за тривалістю – хронічний (тривало діючий) чи гострий (миттєвий).

Існує ще поділ болю на **епікритичний** (первинний, ранній, швидкий, локалізований), а також на **протопатичний** (вторинний, повільний, тупий, нелокалізований). *Терміни були запропоновані Гедом (epi – після, protos – перший, гр.) після його спостережень за собою. Після перерізу нервів, з наступним їх зживанням, відновлення больової чутливості проходило в такій послідовності: спочатку протопатичний, і лише після декількох тижнів – епікритичний. Тоді як зазвичай першим виникає епікритичний біль. Слід відмітити, що чим далі від головного мозку розташовується місце больового впливу, тим більше інтервал між появою епікритичного та протопатичного болю. Це свідчить про те, що імпульси, які виникають при дії епікритичного болю, поширюються А-дельта волокнами, а протопатичного – повільними, безмієліновими С-волокнами.*

Теорії болю

1. Теорія інтенсивності.

Згідно з цією теорією біль є результатом надмірної, тобто дуже сильної активації рецепторних структур будь-якої сенсорної системи. За цією теорією сильне подразнення, наприклад, механорецепторів чи терморецепторів, викликає біль.

2. Теорія специфічності.

Автори цієї теорії вважають, що біль – шосте відчуття. Це означає наявність специфічних рецепторів, що сприймають лише больові подразнення, спеціальних провідних шляхів і центрів у корі великих півкуль. У наш час більшість вчених дотримуються теорії специфічності.

Периферичний відділ больової сенсорної системи

Больові рецептори, як тепер встановлено, бувають двох типів. Перша група – **мономодальні** чи специфічні, що відповідають лише при дії подразника певної якості (модальності). Їх нараховують три види: механо-, термо-, хемонотициптори. Перші відповідають лише на механічні, другі – на термічні (вище 45°C), треті – на подразнення хімічних речовин.

Друга група больових рецепторів – **полімодальні**, тобто ті, які можуть реагувати на два типи модальності. Наприклад, є механотермонотициптори, механохемонотициптори. Больові рецептори утворені вільними нервовими закінченнями. Вони містяться у великій кількості в рогівці ока, у пульпі зубів, у барабанній перетинці. Встановлено, що в цих структурах є лише вільні нервові закінчення. У них біль виникає раніше інших відчуттів. Це також свідчить про специфічність больових рецепторів.

Специфіка больового відчуття залежить не від особливостей структури рецепторів, а від функціональних змін у них. При дії механічних, термічних і хімічних подразників у ноцицептивних системах виділяються різні алгогенні речовини (algia – біль, гр.): **брадикінін, соматостатин, речовина Р, простагландини** та ін. У наш час вважають, що **причин для деполіаризації мембран дві**: перша – **порушення клітинних мембран і клітинних капілярів**; друга – **порушення метаболізму клітини; зміна рН середовища, постачання киснем, і, відповідно, порушення окисно-відновних процесів**. Усе це може виникнути як при токсичному впливі на дихальні ферменти, так і при прямій механічній чи термічній дії.

Провідниковий і кірковий відділи больової сенсорної системи

Больові імпульси А-дельта (12-30 м/с) та С (0,5-2 м/с) волокнами прямують у складі аферентних нервів. Перші несуть інформацію, що викликає епікритичний біль, другі – протопатичний біль. Соматичні аферентні волокна больової чутливості знаходяться у складі спинномозкових задньокорінцевих волокон, а від голови – у складі трійчастого нерва. Вісцеральні аференти, які проводять больові імпульси від рецепторів внутрішніх органів, ідуть у складі трійчастого, лицьового, язикоглоткового й блукаючого нервів.

Тіла перших нейронів для спинномозкових нервів знаходяться в спинальних гангліях відповідного відділу, а для черепних нервів – у відповідних (гомологічних спинальним) гангліях.

Провідних шляхів, що забезпечують больову чутливість два.

1 – спинномозково-таламічний лемнісковий шлях. Він забезпечує епікритичний, локалізований біль. Тіло 2-го нейрона знаходиться в сірій речовині спинного мозку. Після синаптичного перемикання шлях іде до тіла 3-го нейрона, що знаходиться в вентробазальному комплексі таламуса. Від тулуба й кінцівок проходить через вентро-постеро-латеральне ядро цього комплексу, а від голови – через вентро-постеро-медіальне. Від таламуса таламо-кортикальний тракт несе інформацію до задньої центральної звивини (ділянки С_{м1}) – проєкційної ділянки, що відповідає за формування больового відчуття.

2 – спинномозково-ретикуло-таламічний шлях, що забезпечує повільний, нелокалізований, протопатичний біль. Цей шлях є полісинаптичним, оскільки включає ретикулярні структури різних рівнів ЦНС. Починається він у спинному мозку, де ретикулярною структурою є желатинозна субстанція, потім прямує до ретикулярних ядер стовбура, гіпоталамуса, інтермедіальних ядер таламуса. Звідси імпульси надходять до асоціативних ділянок кори великих півкуль: орбітально-фронтальної, оперкулярної (над сильвієвою борозною), тім'яної.

Отже, до центрального апарату больової чутливості належать ядра стовбура мозку, центральної сірої речовини, гіпоталамуса, таламуса й деяких ділянок кори великих півкуль.

Компоненти болю

По мірі надходження больових імпульсів до різних відділів ЦНС формуються його компоненти. Так, уже **на рівні спинного мозку** відбувається передача больових сигналів із чутливих нейронів на рухові, що призводить до **виникнення рухового компонента**, який забезпечує уникання больової дії. Ще не встигла людина подумати про те, що сталося, як рука її відсмикується від гарячого предмета.

При надходженні больових імпульсів у **стовбур головного мозку** (у РФ середнього мозку) виникає **реакція активації** за типом пробудження. Не випадково так названа ця реакція; біль може розбудити людину що спить, це забезпечується активуючими впливами РФ середнього мозку.

Коли імпульси надходять на **рівень гіпоталамуса** – виникає **вегетативний компонент** болю; починають відбуватися зміни в роботі внутрішніх органів (посилення потовиділення, роботи серця, підвищення артеріального кров'яного тиску).

Потім імпульси досягають **таламуса**, а звідти надходять у **лімбічну кору**, що викликає **сенсорний чи емоційний компонент** болю; людина відчуває неприємні, негативні емоції.

Нарешті, коли імпульси надходять у **кору великих півкуль**, поряд із сенсорним, виникає **мотиваційний компонент**, тобто пошук способів позбавлення болю чи його послаблення (медикаменти, грілка, звернення до лікаря тощо).

У функціонуванні ноцицептивної системи приймають участь різні хімічні речовини, зокрема медіатори й модулятори, які мають важливе значення для проходження больових відчуттів. Це субстанція Р, кініні (брадикінін, калідин, ентеротоксин), гістамін, серотонін, простагландин Е₆, нейротензин, соматостатин, тканинні метаболіти, іони калію, водню, продукти запалення тощо.

Таким чином, усе вищенаведене дозволяє зробити висновок, що **біль являє собою системну реакцію організму, що характеризується активацією не лише різних відділів ЦНС, але й різних систем організму.**

Антиноцицептивна анальгезуюча система

Припущення про існування такої системи було ще до її відкриття і базувалося на спостереженнях клініцистів, деяких експериментальних даних.

У наш час встановлено, що паралельно з больовою сенсорною системою існує антибольова, або антиноцицептивна (anti – проти, гр.), яка на всіх рівнях больової сенсорної системи впливає на передачу больових імпульсів як на пре-, так і на постсинаптичних ділянках перемикання всіх рівнів сенсорного больового шляху гальмуючим способом.

Групи антиноцицептивної системи (АНЦС)

1. Опіатна нейронна система

Вона утворена ядерними структурами середнього мозку, гіпоталамуса, гіпофіза та ін. У цих структурах виробляються опіатні речовини. Серед них – **ендорфіни** (внутрішні морфіни), **енкефаліни**, **динорфіни**. У кожній із цих груп існують різновиди, які діють знеболюючим чином. Одні з них пригнічують проведення больових імпульсів у специфічних ядрах таламуса, інші гальмують виділення **алгогенних** (algia – біль, гр.) **речовин (речовина Р, брадікінін та ін.)** після зв'язування з больовими рецепторами тощо.

2. Неопіатна нейронна система

Ця система представлена нейронами неспецифічних структур, що виділяють моноаміни, у зв'язку з чим її ще називають **моноамінною** системою головного мозку. До неї належать: **ядра шва стовбура**, нейрони якого виділяють **серотонін**, **блакитна пляма**, нейрони якої виділяють **норадреналін і чорна субстанція**, нейрони якої виділяють **дофамін**. Аксони нейронів цих структур утворюють широко розгалужені шляхи як у висхідному (до різних структур головного мозку), так і в низхідному (до спинного мозку) напрямках.

3. Гормональна опіатна система

Системи сенсорних шляхів, що передають не больові імпульси, можуть збуджувати на різних рівнях опіатні структури мозку і, відповідно, впливати на передачу больових імпульсів. При досягненні цими системами, наприклад, гіпоталамуса активується утворення і виділення передньою частиною гіпофіза АКТГ, а також опіатної речовини.

4. Гормональна неопіатна система

Головним гормоном цієї системи є **вазопресин**, який виробляється гіпоталамусом, потім ворітною системою надходить до головного мозку й діє на больові структури гальмуючим чином. Вазопресин може діяти й іншим шляхом – через відростки вазопресинергічних нейронів. Знеболюючою дією володіє **окситоцин** і деякі гормони ДЕС, а саме: **соматостатин, бомбезин, холецистокінін**.

АНЦС у здорової людини знаходиться на певному рівні активності. При відсутності больових подразнень кількість знеболюючих речовин, які виділяються цією системою, регулює ЦНС. При дії больового подразника, перш за все, гальмуються нейрони АНЦС: ЦСР, ядер шва, гіпоталамуса, а вже потім активуються нейрони больової чутливості. Відповідно, больове відчуття є результатом не лише активації больової сенсорної системи, але й гальмування АНЦС. При активації АНЦС відбувається гальмування больової сенсорної системи. Завдяки взаємодії цих двох систем і формується больовий поріг. Оскільки ці системи у різних людей виражені по-різному, то й больовий поріг буде різний.

Особливі форми болю

Рефлекторний біль виникає при подразненні больових рецепторів внутрішніх органів. Проте, біль виникає не лише в цьому органі, але й в ділянці поверхні шкіри й в інших частинах організму. Наприклад, при стенокардії болить не лише серце, але й медіальні ділянки шкіри лівої руки, ділянка шкіри біля лівої лопатки (див. розділ «Таламус»). При ураженні печінки біль може виникати в ділянці зубів. При ураженні одного зуба, больове відчуття може захопити широкі ділянки поверхні голови. При ураженні нирок – біль виникає в ділянці груднини і в яечках тощо. Такі болі виникають у зв'язку з тим, що імпульси від хворого внутрішнього органа й від відповідних ділянок шкіри надходять в один і той же сегмент спинного мозку й утворюють синапси на одних і тих же нейронах

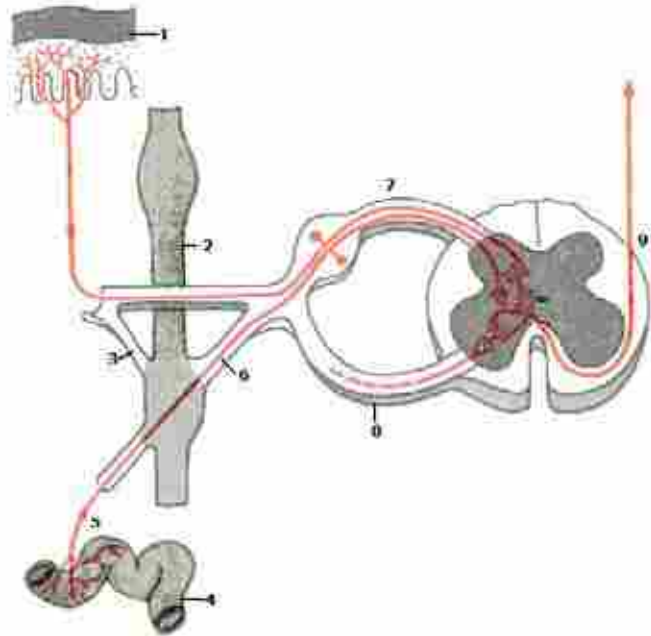


Рис. 12.3. Механізм виникнення відбитих болей.

1 – шкіра, 2 – симпатичний стовбур, 3 – сіра зв'язуюча гілка,
4 – внутрішній орган, 5 – вісцеральний нерв,
6 – біла зв'язуюча гілка, 7 – задній корінець,
8 – передній корінець,
9 – латеральний спинномозково – таламічний тракт.

спинномозково-таламічного тракту (рис. 12.3). Збудження від хворого органа може охоплювати один чи декілька дерматомів і проєктується на відповідних ділянках шкіри. Такі болі отримали назву відбитих, а ділянки шкіри, на які вони проєктуються – ділянками Захар'їна-Геда, оскільки ці вчені їх описали. Ці ділянки мають діагностичне значення.

Гіпералгезії – підвищення шкірної чутливості до больових подразнень. При цьому відсутній постійний біль, але він виникає при дотиках до ділянок шкіри, що мають підвищену чутливість. Пояснення причин цих болей аналогічне тому, яке було подане для відбитих болей. При хворобі будь-якого внутрішнього органу відбувається конвергенція імпульсів від цього органу через загальні нейрони на відповідні ділянки шкіри. У результаті чого виникає підвищення збудливості відповідної ділянки шкіри.

Проекційний біль – при різкому ударі по ліктю в ділянці поверхневого розташування нерва, виникає сильний біль. Імпульси ідуть нервовими волокнами в мозок спинномозково-таламічним трактом, а звідти в проєкційні ділянки кори великих півкуль відповідної частини руки. Одночасно біль виникає в ділянках руки, які обслуговуються відповідним нервом.

Свербіння та лоскіт

Порівняно слабе подразнення, особливо якщо воно спричинене тим, що щось рухається по шкірі, зумовлює свербіння та лоскіт.

Свербіння – своєрідне неприємне відчуття, яке виникає при подразненні больових рецепторів (вільні нервові закінчення безмієлінових нервових волокон), розташованих під епідермісом. Може бути довготривалим, безперервним і захоплювати великі території шкіри. Наприклад, шкіру верхньої половини тулуба – при раковій хворобі стравоходу, усю поверхню шкіри – при нирковій недостатності. Ці явища пояснюються накопиченням гістаміну та інших метаболітів. Сильне свербіння викликають кініни. Свербіння полегшується під час чухання внаслідок активування великих аферентів з високою провідністю, що перекидають передавання імпульсів у дорсальних стовпах. Свербіння разом з пекучим болем триває, якщо імпульси проводять лише волокна C, і цілковито припиняється внаслідок розтину спіноталамічних трактів. Системи волокон C для свербіння та болю відрізняються.

Цікаво, що лоскіт сприймається як приємне відчуття, свербіння як докучливе, а біль є неприємним.

Фізіологічні основи знеболювання

Існує декілька типів знеболювання: фізичні, медикаментозні, нейрохірургічні.

Фізичні методи

До цієї групи методів належать такі: іммобілізація больової ділянки, її зігрівання чи охолодження, знеболювання шляхом електростимуляції, масаж, діатермія. Досить ефективним є метод акупунктури, який здійснюють за допомогою голки – голкотерапія, чи електричного струму – електропунктура – при цьому діють на спеціальні точки організму. Іноді використовують припалювання в цих точках. При акупунктурі, як припускають, виробляється бета-ендорфіни в гіпоталамо-гіпофізарній системі, які й забезпечують знеболювання.

Медикаментозні методи

Вони, перш за все, поділяються на:

- місцеве знеболювання (новокаїном, лідокаїном, ультракаїном), яке використовується в хірургії, стоматології;
- загальне знеболювання (наркоз) шляхом внутрішньовенного введення знеболюючих (барбітуратів) або з допомогою інгаляцій (фторетан, закис азоту та ін.);
- аналгезія (морфій тощо).

Ці препарати діють на різних рівнях сенсорних систем, блокуючи генерацію і проведення ПД у больових волокнах, або передачу больових імпульсів у провідних шляхах (люмбальна анестезія).

Нейрохірургічні методи.

До цих методів потрібно віднести такі:

- **нейротомія** – перерізка чутливих нервів вище місця виникнення болю;
- **лордотомія** – перерізка комісур спинномозково-таламічного тракту;
- **таламоектомія** – стереотаксичне руйнування деяких ядер таламуса;
- **лейкотомія** або **лоботомія** – перерізка волокон, які зв'язують лобні частки з таламусом. У наш час ця операція заборонена, оскільки після неї відбуваються значні зміни психіки людини.