

Миколаївський національний університет
імені В. О. Сухомлинського

Факультет фізичної культури та спорту
Кафедра теорії та методики фізичної культури

Лекція на тему:
« ФІЗІОЛОГІЯ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ (АНАЛІЗАТОРІВ) »

Для студентів

Галузі знань – 0102 «Фізичне виховання, спорт і здоров'я людини»

Напрямам підготовки: 6.010201 – «Фізичне виховання*»
6.010202 – «Спорт»
6.010203 – «Здоров'я людини*»

Укладач:

доцент Гетманцев С.В.

Мета: ознайомити студентів з основними фізіологічними закономірностями функціонування сенсорних систем організму людини.

Завдання: дати коротку характеристику особливостям будови та загальним принципам функціонування аналізаторів та їх значенню для життєдіяльності організму людини.

План.

1. Будова, загальні властивості та значення аналізаторів	с. 3
2. Зоровий аналізатор	с. 6
3. Слуховий аналізатор	с. 10
4. Руховий аналізатор	с. 14
5. Фізіологія чутливості шкіри	с. 16
6. Фізіологія нюху і смаку	с. 16

Ключові слова: аналізатор, рецептор, подразник, адаптація, контрастність, акомодация, конвергенція, слідові процеси.

Будова, загальні властивості та значення аналізаторів

Центральна нервова система безперервно одержує інформацію про всі зміни оточуючого організм середовища, а також про стан процесів, що перебігають у його тканинах і органах. Ця інформація сприймається особливими фізіологічними апаратами — сенсорними системами (від лат. *sensus* — відчуття). Завдяки тому, що подразнення багатьох з них викликає певні почуття, уявлення, тобто різні форми чуттєвого відображення навколишнього світу, вони одержали назву органів чуттів. Проте чутливі утворення, які сприймають подразнення, є лише частиною фізіологічного апарату, який виконує складну функцію оцінки якісних і кількісних характеристик цих подразнень. Тому І.П.Павлов, підкреслюючи необхідність урахування всіх ланок, які сприймають подразнення, передають їх у відповідні зони кори великого мозку і аналізують одержану інформацію, запропонував назвати їх аналізаторами.

Аналізатор складається з трьох частин: периферичної (рецепторів), провідникової (нервових клітин і волокон) і центральної (скупчення нейронів у корі великого мозку).

Рецептори — це чутливі нервові структури, які трансформують різні види енергії (світлову, механічну, теплову) у нервовий імпульс. Їх класифікують за різними ознаками. Так, залежно від їх розташування, виділяють дві групи: зовнішні і внутрішні. **Зовнішні рецептори** — це екстерорецептори, вони сприймають подразнення від предметів і явищ зовнішнього світу. **Внутрішні** — інтерорецептори, посилають імпульси, які сигналізують про стан внутрішніх органів (вісцерорецептори) або про положення і рухи тіла чи окремих його частин (пропріорецептори, вестибулорецептори).

Залежно від фізичної природи подразника, до якого рецептор має високу чутливість, розрізняють механорецептори, фонорецептори, фоторецептори, терморецептори, хеморецептори, барорецептори.

Рецептори, які сприймають подразнення від предметів, що знаходяться на певній відстані від них, називаються дистантними (рецептори зору, слуху, нюху). А рецептори, які збуджуються при безпосередньому контакті з предметами, відносять до контактних. За структурою чутливого утворення рецептори ще поділяють на первинні і вторинні. До первинних відносять ті рецептори, які сприймають подразнення безпосередньо закінченнями волокон чутливих нейронів. Ці рецептори знаходяться в шкірі, органах нюху та ін. Вторинні рецептори — це такі, в яких подразнення сприймається спеціальними рецепторними клітинами, а потім збудження, що виникає в них, передається на волокна чутливого нейрона (рецептори смаку, зору, слуху).

Провідникова система аналізаторів представлена складним ланцюгом нейронів. За допомогою тонких гістологічних і електрофізіологічних методик зараз в основних рисах уже встановлена будова шляху, яким збудження від рецепторів досягає відповідних центрів у головному мозку. Перший чутливий нейрон розташований поза центральною нервовою системою — у міжхребцевих спинномозкових гангліях і гангліях черепно-мозкових нервів. Другий нейрон знаходиться у спинному, довгастому або середньому мозку. Третій міститься у згір'ї. Центральна частина аналізатора представлена нейронами проекційної зони кори великого мозку.

Аналіз подразників відбувається в усіх ланках аналізатора, починаючи з рецепторів, які є високо спеціалізованими структурами і сприймають тільки той вид подразників, до якого пристосувались у процесі еволюції. Так, рецептори ока реагують на світло, смакові цибулини — на хімічні речовини та ін. Більш складний аналіз здійснюється в нейронах провідникової системи, в яких можуть оцінюватись окремі характеристики подразників, наприклад їхня інтенсивність.

Вищий аналіз і формування відчуттів відбуваються у корі великого мозку. Слід зазначити, що аналіз подразників у сенсорній системі здійснюється не тільки поетапно, послідовно, а й при паралельній діяльності, взаємодії нейронів, розташованих у різних відділах центральної нервової системи. В спинному, довгастому і середньому мозку збудження переключається на нервові шляхи, що йдуть у ретикулярну формацію, мозочок. З ретикулярної формації по неспецифічних шляхах збудження надходить у всі відділи кори великого мозку. Про це свідчать дослідження з подразненням рецепторів і реєстрацією збудження в корі великого мозку. При подразненні одного рецептора потенціал дії спочатку виникає у відповідній ділянці проекційної зони півкуль великого мозку (первинна відповідь), а через кілька мілісекунд з'являється і в інших зонах (вторинна відповідь).

Значення аналізаторів для нормальної діяльності організму. Підтримання діяльного стану центральної нервової системи, а також і

організму в цілому, можливо тільки при певному мінімумі подразнення рецепторів. При повному виключенні всіх аналізаторів людина впадає в сон.

Як виявилось, в умовах тривалого космічного польоту внаслідок зменшення кількості подразників (так званий «сенсорний голод») різко знижується функціональна активність великого мозку. Про це свідчить зменшення здатності космонавтів концентрувати увагу, виконувати розумові задачі. Тому приймають різні заходи, направлені на компенсацію недостатньої кількості подразників і адаптацію організму до дефіциту їх.

Роль аналізаторів у пізнанні зовнішнього світу. Подразнення рецепторів — єдине джерело інформації, яку одержує нервова система про предмети і явища зовнішнього світу. Збудження рецепторного апарату сенсорних систем розповсюджується по всіх їхніх ланках і суб'єктивно проявляється у відчуттях. Між предметом, який викликав збудження рецептора, і відчуттям існує прямий причинний зв'язок. Таким чином, наші відчуття відбивають (відображають) об'єктивну реальність, тобто те, що існує незалежно від вашої свідомості. У відчуттях є деякий елемент суб'єктивності. Але відчуття — це найбільш елементарний психічний акт. У людей воно нерозривно пов'язане з мисленням і є його основою. Відчуття відображає лише окремі властивості речей. Встановлення зв'язків між предметами і явищами — це більш висока форма психічної діяльності — мислення. Матеріальним суб'єктом мислення є мозок. Образи, які виникають у процесі мислення, це не символи або ієрогліфи, застосовані людьми для «зручності» позначення, як стверджують представники ідеалістичної теорії пізнання Й. Мюллер, Г. Гельмгольц і їхні послідовники, а копії суб'єктивно відображених, реально існуючих предметів. У вірності цього висновку ми постійно переконуємося на практиці. Практика — критерій істини. Шлях пізнання людиною істини йде від чуттєвого споглядання до абстрактного мислення, а потім до практики. При цьому людина використовує не тільки свій особистий досвід, а практику всього суспільно-історичного розвитку людства. Тому пізнання — відображення людиною природи сенсорними системами — відбувається у неї повніше і глибше, ніж у тварин.

Загальні властивості аналізаторів. Аналізатори мають ряд характерних загальних властивостей: висока чутливість, адаптація, контрастність, ритмічна активність, відтворення послідовних образів.

Рецептори всіх аналізаторів надзвичайно чутливі до адекватних, тобто специфічних для даного органу чуттів, подразників. Так, у рецепторах зорового аналізатора збудження виникає при дії світлової енергії, яка дорівнює $2,5 \times 10^{-14}$ кДж (2-3 кванти світлової енергії), у рецепторах слухового аналізатора — $1,6 \times 10^{-15}$ кДж. Терморекцептори сприймають зміни температури в $0,001^\circ\text{C}$.

Механізм перетворення енергії подразника в нервовий імпульс неоднаковий у різних рецепторах, але завжди він пов'язаний із зміною проникності мембрани і виникненням рецепторного потенціалу (РП). Рецепторний потенціал за своїми характеристиками подібний до місцевих потенціалів нервових волокон, тобто він зберігається протягом всього часу

дії подразника не розповсюджуючись. Величина його залежить від сили подразника. Він здатний до сумачії. В первинних рецепторах під впливом РП у найближчому вузлі нервового волокна виникає потенціал дії, тому його назвали генераторним потенціалом (ГП). У вторинних рецепторах ГП викликає виділення медіатора, а далі йдуть такі самі процеси, що і в звичайних нервових синапсах.

Збудливість рецепторів вимірюється їхнім порогом. Розрізняють абсолютний поріг, який характеризується мінімальною енергією, здатною викликати збудження, і поріг розрізнення (диференціальний), що характеризується різницею сили двох подразників.

Ритмічна активність. У відповідь на дію подразника рецептори генерують серію ритмічних розрядів — імпульсів. Чим сильніший подразник, тим частіша імпульсація. Таким чином, рецептори інформують центральну нервову систему про силу подразника.

Спонтанна імпульсація. Для деяких рецепторів характерна самостійна активність без нанесення подразників, яка дістала назву спонтанної імпульсації. Вона є також одним з важливих механізмів оцінки сили подразника, оскільки забезпечується зміна імпульсації рецептора в двох напрямках — підвищення і зниження його активності. Безперервна ритмічна активність рецепторів підтримує діяльний стан ретикулярної формації.

Адаптація — пристосування аналізаторів до постійно діючого подразника. В деяких аналізаторах при тривалій дії подразника зникає його відчуття. Такі аналізатори, як нюховий і дотиковий, адаптуються досить швидко. Вестибуло- і пропріорецептори взагалі не здатні до адаптації. Фізіологічні механізми адаптації полягають у зменшенні частоти імпульсів, які надходять у центральну нервову систему від рецепторів.

Контрастність. Це явище полягає в тому, що подразник тієї самої сили викликає різні відчуття при зміні умов його сприймання. Наприклад, навіть слабкий звук відчувається значно сильніше, на фоні повної тиші. В основі явища контрасту лежать процеси одночасної і послідовної індукції.

Слідові процеси в аналізаторах. Для всіх аналізаторів характерним є відтворення послідовних образів. Це проявляється в тому, що відчуття не зникають після припинення дії подразника. При цьому переривчасті подразнення сприймаються як неперервні, виникає цілісне відчуття.

Взаємодія аналізаторів. Вплив різних факторів зовнішнього середовища, як правило, сприймається не одним, а кількома аналізаторами. Тому вони між собою завжди взаємодіють. У результаті цієї взаємодії відчуття стають більш повними, а суб'єктивні образи більш адекватними реальним предметам.

Зоровий аналізатор

Зоровий аналізатор є найбільш інформативним в організмі. Він забезпечує сприйняття кольору, форми, величини предметів, відстані до них, взаємного їх розташування в просторі.

Будова периферичної частини зорового аналізатора. Очне яблуко розташоване в очній ямці, яка надійно захищає його від зовнішніх пошкоджень. Воно має три оболонки: волокнисту, судинну і внутрішню. Волокниста оболонка, або склера, спереду переходить у прозору рогівку. Судинна оболонка переходить у війкове тіло і райдужну оболонку. Райдужна оболонка забарвлена. В центрі райдужки міститься отвір — зіниця, через яку промені світла попадають на кришталик. Внутрішня оболонка складається з світлочутливих і нервових клітин, аксони яких, збираючись, утворюють зоровий нерв. У місці виходу зорового нерва з очного яблука відсутні світлочутливі клітини. Це місце називають сліпою плямою. На дні ока поблизу його оптичної вісі світлочутливих клітин найбільше. Це пляма (жовта пляма)—місце найкращого бачення.

Оптична система ока. Чітке зображення предметів на сітківці забезпечується оптичною системою ока. Вона складається з рогівки, водянистої вологи, кришталіка і склистого тіла. Промені світла, переходячи з одного середовища в інше, заломлюються. Заломлююча сила оптичної системи виражається в діоптріях. Одна діоптрія (Д) —це заломлююча сила лінзи з фокусною відстанню 1 м. Заломлююча сила, оптичної системи ока знаходиться в межах 60...70 Д (рогівки — 43 Д, кришталіка — 19...33 Д).

Акомодація. Для чіткого сприйняття предметів необхідно, щоб їхнє зображення завжди фокусувалось на сітківці, в її центрі. Люди здатні чітко розрізняти предмети, які знаходяться на різній відстані від ока, завдяки здатності кришталіка змінювати свою кривизну. При цьому змінюється заломлююча сила, а зображення завжди фокусується на сітківці. Ця здатність ока називається акомодацією.

Кришталік — еластичне прозоре тіло, має форму двоопуклої лінзи. Вік знаходиться в еластичній тонкостінній сумці, зв'язаній з коловою війчастою зв'язкою, яка прикріплена до війчастого м'яза. При переведенні погляду з далеко розташованих від ока предметів на близько розташовані цей м'яз скорочується, ослаблюється війчаста зв'язка і кришталік, внаслідок еластичних властивостей, стає більш опуклим. При цьому збільшується його заломлююча сила і зображення фокусується на сітківці. Таким чином, від напруження війчастого м'яза залежить форма кришталіка. Коли напруження м'яза зменшується, зв'язка натягується і сумка кришталіка стискує його. Від цього кривизна його та заломлююча сила зменшуються. Це відбувається при віддаленні предмета від ока. Скорочення війчастого м'яза починається тоді, коли предмет наближається на відстань 65 см, і стає максимальним, коли він знаходиться на відстані 7... 14 см. При дальшому наближенні предмета чітке його бачення стає неможливим. Найменша відстань предмета від ока, при якій зображення предмета ще чітке, одержало назву найближчої точки ясного бачення. З віком еластичність кришталіка знижується і ця точка віддаляється (з 7 см в 10 років до 14 см в 30 років). Після 40 років, як правило, настає різке зменшення акомодаційної здатності кришталіка і людина не може розрізняти предмети на близькій відстані. Це явище називають пресбіопією, або старечою далекозорістю. Акомодація регулюється рефлекторно. Нерізка

зображення на сітківці породжує коригуючий рефлекс. Відцентровим шляхом, яким проходить його здійснення, є волокна окорухового нерва, який іннервує війчастий м'яз.

Короткозорість і далекозорість. У нормальному оці чітке зображення віддалених предметів можливе при повному розслабленні акомодативного механізму. Але в багатьох людей внаслідок збільшення поздовжньої вісі ока або перенапруження війкового м'яза паралельні промені від предметів фокусуються перед сітківкою, тому зображення предмета розпливається. Це порушення нормального заломлення (рефракції) променів називають короткозорістю.

У далекозорому оці промені віддалених предметів заломлюються за сітківкою. Це відбувається внаслідок зменшення поздовжньої вісі ока. Для корекції порушень перед короткозорим оком розміщують ввігнуту (розсіюючу) лінзу, а перед далекозорим — двоопуклу, збільшуючи заломлення променів лінзу.

Зіничний рефлекс. У райдужній оболонці міститься два гладеньких м'язи: коловий (циркулярний) і радіальний. Циркулярний м'яз іннервується парасимпатичними волокнами око рухового нерва, радіальний — симпатичними. При зменшенні освітленості, психічних збудженнях зіниця рефлекторно звужується або розширюється, тим самим регулюючи інтенсивність потоку світла в око.

Сприйняття світла і кольору. Промені світла через оптичну систему ока попадають на сітківку ока. Сітківка складається з кількох шарів клітин різних за формою і функцією. Зовнішній шар епітеліальних клітин містить чорний пігмент — фусцин, який поглинає промені, сприяючи більш чіткому зображенню предметів. Наступний шар представлено світлочутливими клітинами — паличками і колбочками, за якими знаходиться шар біполярних і далі шар гангліозних нервових клітин. Відростки гангліозних клітин утворюють зоровий нерв. Один біполярний нейрон контактує з багатьма паличками і колбочками, а одна гангліозна клітина, в свою чергу, багатьма біполярними. По горизонталі біполярні і гангліозні клітини також зв'язуються між собою за допомогою горизонтальних і амакринових нервових клітин.

У сітківці людини нараховується приблизно 130 млн. паличок і 7 млн. колбочок. Розташовані вони нерівномірно. В центрі сітківки (у плямі) містяться в основному колбочки, а на її периферії — палички.

Фоторецептори містять зоровий пурпур: палички — родопсин, колбочки — йодопсин. Це речовини, які в своєму складі мають білок опсин і окислений вітамін А — ретинен. Механізм перетворення енергії світла на нервовий імпульс являє собою досить складний ланцюг фізико-хімічних процесів. Схематично їх послідовність можна описати таким чином. Родопсин і йодопсин перебувають у фоторецепторах у неактивній формі. Під впливом енергії сонячних променів вони переходять в активну форму, здатну змінювати проникність мембран фоторецепторів для іонів натрію і тим самим викликати рецепторний потенціал, який далі генерує збудження в

нейронах сітківки. При цьому родопсин розщеплюється на білок опсин і вітамін А. Ресинтез родопсину відбувається через ряд біохімічних реакцій.

Чутливість паличок до світла в тисячу разів більша, ніж у колбочок. Вони включаються в основному у сутінках. Палички сприймають широкий спектр світлових променів (від 300 до 800 нм). Тому яри збудженні їх виникає відчуття білого світла (безкольорове відчуття).

Колбочки реагують тільки на певну довжину хвилі і цим самим зумовлюють виникнення кольоровості предметів. Існують три типи колбочок. Одні з них реагують переважно на червоний колір, другі — на зелений і треті — на фіолетовий. Ці три кольори були названі основними. При ізольованій дії хвиль різної довжини кожний тип колбочок збуджується неоднаково. Внаслідок цього кожна довжина хвилі сприймається як особливий колір. Якщо всі три типи колбочок збуджуються одночасно і в однаковій мірі, виникає відчуття білого кольору. Оптичним змішуванням основних кольорів можна одержати всі кольори спектра і їхні відтінки. У деяких людей можуть бути відсутні колбочки, які сприймають один, два або навіть всі три основні кольори. Все оточуюче для таких людей здається сірим. Таке відхилення сприйняття кольорів називають дальтонізмом. Воно зустрічається у 8% чоловіків і 0,5% жінок.

Гострота зору. Мінімальний кут, при якому на площині дві точки сприймаються роздільно, характеризує гостроту зору. Нормальною гострота зору вважається тоді, коли цей кут дорівнює одній кутовій хвилині. Такий зір прийнято за одиницю. Якщо дві точки розрізняються при куті дві хвилини, — гострота зору дорівнює 0,5, при 10 кутових хвилинах — 0,1.

Сприйняття простору. Існує кілька фізіологічних механізмів, за допомогою яких зоровий аналізатор людини сприймає простір, оцінює глибину, розмір і відстань між предметами, рух предметів у просторі.

Простір, який охоплюється оком при фіксованому стані очного яблука, називається полем зору. Предмети, зображення яких падає на пляму, ми сприймаємо центральною частиною сітківки, на інші місця сітківки — периферичною частиною. В області плями гострота зору найбільша, тому на об'єктах, зображення яких падає на цю область сітківки, чітко розрізняються навіть найдрібніші деталі. Ця ділянка сітківки називається ще аналізатором розрізнення. На периферичній сітківці розташовані палички, які, як з'ясувалось, збуджуються при русі предметів, появі або зникненні їх. Ці рецептори називають детекторами руху.

При виконанні фізичних вправ важливим є як центральний, так і периферичний зір, особливо в спортивних іграх. Виключення периферичного зору різко гальмує рух в слаломі та інших спортивних вправах (А. М. Крестовников).

Оцінка відстані (глибини) здійснюється як одним оком (монокулярний зір), так і двома очима (бінокулярний зір). Монокулярні фактори оцінки глибини такі: 1) предмети, розташовані ближче, частково накладаються на предмети, розташовані за ними, і закривають їх; 2) розміри предметів з їх віддаленням зменшуються; 3) з віддаленням предметів зменшується

рельєфність їх форми різниці тіней на поверхні, насиченість кольорів. У міру віддалення всі кольори наближаються до сірого; 4) розрізнення зміни кутової швидкості рухомих предметів, які знаходяться на різній відстані від спостерігача.

Кутова швидкість близько розташованих предметів змінюється більшою мірою, ніж далеко розташованих. Наприклад, вагони поїзда, що рухаються близько, проносяться повз спостерігача з великою швидкістю, літак, що летить далеко, зникає з поля зору повільно, хоч швидкість його набагато більша від швидкості, поїзда. На цій підставі ми робимо висновок, що поїзд розташований ближче, ніж літак. Такий самий ефект проявляється при повороті голови. Близько розташовані предмети зникають з поля зору раніше, ніж віддалені предмети, оскільки їхня кутова швидкість руху більша.

Бінокулярний зір дозволяє оцінити простір з більшою точністю. Цьому сприяють кілька факторів. Зображення виникає на ідентичних ділянках сітківки обох очей. Ідентичними точками сітківки очей називаються ділянки центральних ямок і всі точки, розташовані від них на однаковій відстані в тому самому напрямку. При об'єднанні в корі великого мозку відчуттів від зображення предметів у правому і лівому очах проводиться оцінка послідовності розташування предметів, їхньої форми.

Конвергенція. Вісі правого і лівого очей за допомогою окоорухового м'яза зводяться на предметі, що розглядається. Це явище називають конвергенцією. Чим ближче розташований предмет, тим сильніше повинні скорочуватись прямі внутрішні і розтягуватись прямі зовнішні м'язи ока. Ступінь збудження пропріорецепторів цих м'язів дає уявлення про силу їхнього скорочення, а таким чином, і про віддаленість предметів.

Вікові особливості зорового аналізатора. З віком відбуваються зміни у всіх ланках зорової сенсорної системи. Ще до народження дитини зоровий аналізатор морфологічно готовий до діяльності. Але у зв'язку з малими передньо-задніми розмірами очного яблука промені від віддалених предметів у новонароджених сходяться за сітківкою. Тому новонароджені мають природжену далекозорість. З віком це явище проходить, але збільшується кількість короткозорих дітей. У дітей кришталік має велику еластичність і тому здатний приймати сильно опуклу форму, забезпечуючи цим велику акомодативну здатність. Сила акомодативної з віком зменшується. Велика акомодативна здатність кришталіка дозволяє дітям добре бачити предмети при дуже близькій відстані від ока. Але при цьому сильно напружуються акомодативні м'язи. Якщо це відбувається часто (читання при поганому освітленні, лежачи, неправильна посадка за партою), ці м'язи гіпертрофуються. Постійний тиск їх на очне яблуко призводить до його сплюснення і тим самим збільшення оптичної вісі. При такій формі очного яблука промені від віддалених предметів сходяться перед сітківкою, що є характерним для короткозорості.

Гострота зору з віком підвищується з 0,98 в 10... 11 років до 1,15 в 14... 15 років. У цей же час у дітей з порушенням рефракції гострота зору знижується у далекозорих з 0,73 до 0,68; у короткозорих з 0,32. до 0,28.

Слуховий аналізатор.

Будова периферичної частини слухового аналізатора. Він поділяється на три відділи: зовнішнє, середнє і внутрішнє вухо.

Зовнішнє вухо складається з вушної раковини і зовнішнього слухового ходу. Середнє вухо представлено повітряною (барабанною) порожниною, що знаходиться між барабанною перетинкою і внутрішнім вухом. Барабанна перетинка з'єднується із стінкою внутрішнього вуха трьома кісточками: молоточком, коваделком і стремінцем. Внутрішнє вухо міститься у завитці, розташованій в піраміді скроневої кістки. Завитка кісткового спірального каналу утворює 2,5 оберта. По всій довжині завитки кістковий канал розділений двома перетинками: більш тонкою вестибулярною мембраною (мембраною Рейснера) і більш товстою і пружною — основною мембраною. Ці мембрани поділяють канал завитки на три вузьких отвори: верхній, середній і нижні канали. Верхній і нижній канали у верхівці завитки з'єднуються через отвір гелікотрему. В основі завитки верхній канал починається овальним вікном, а нижній тут же закінчується круглим вікном. Обидва канали заповнені рідиною — перилімфою. Середній канал відокремлений від верхнього і нижнього і заповнений ендолімфою. В середині цього каналу на основній мембрані розташований звукосприймаючий апарат — спіральний (кортіїв) орган, утворений волосковими рецепторними клітинами. Над волосковими клітинами розташована мембрана. Вона має стрічкоподібну форму і желеподібну консистенцію. Волоскові клітини за допомогою синаптичних контактів з'єднуються з нейронами, аксони яких у складі переддверно-завиткового нерва направляються до стовбура мозку і проміжного мозку, там відбувається переключення на наступні нейрони, відростки яких ідуть у скронеvu зону кори півкуль великого мозку.

Механізм сприйняття і передачі збудження. Звукові хвилі, потрапляючи у зовнішній слуховий хід, підсилюються в 2...2,5 рази і викликають коливання барабанної перетинки з частотою звукових хвиль. Коливання барабанної перетинки через слухові кісточки передаються на мембрану овального вікна. Слухові кісточкі діють як важелі, зменшуючи амплітуду коливань і збільшуючи їхню силу (до 50 разів). Коливання мембрани овального віконця викликають відповідні коливання стовпця рідини перилімфи верхнього каналу і вібрацію основної мембрани типу біжучої хвилі і коливання перилімфи у нижньому каналі. При деформації основної мембрани коливаються розташовані на ній внутрішня і зовнішня волоскові сенсорні клітини (клітини Корті). При цьому вони торкаються покривної мембрани, що призводить до зміни мембранного потенціалу їх і появи електричного ефекту, який проявляється в електричних коливаннях, що відповідають по частоті звуковим коливанням. Це явище називають ще мікрофонним ефектом. Але воно не відіграє істотної ролі в сприйнятті звуків різної частоти. Основну роль у механізмі розрізнення, звуків різної частоти

відіграють фізичні закони розповсюдження звукових коливань у рідині і акустичні властивості основної мембрани. Основна мембрана ширша і тонша на верхівці, ніж біля основи. При низьких частотах (менше 16 Гц) основна мембрана не коливається, оскільки перилімфа витікає через гелікотрему з такою самою швидкістю, з якою вона зміщується при рухах овального вікна. При збільшенні частоти коливань перилімфа не встигає перейти в нижній канал, тому в ній виникають коливання, які передаються основній мембрані. При низьких частотах вібрує вся мембрана з найбільшою амплітудою на верхівці. Інерція стовпця рідини не дає можливості високочастотним хвилям проникати в глиб завитки. Тому звуки високої частоти (до 20 тис. Гц) проникають на малу глибину, викликаючи резонанси коливання перилімфи і збудження волоскових клітин біля основи мембрани. Середньочастотні звуки сприймаються рецепторними клітинами, розташованими посередині мембрани.

Вухо дорослої людини сприймає звуки частотою від 16 до 20 тис. Гц. Найбільша чутливість — до частот 1 тис. ... 4 тис. Гц. Людський голос може породжувати коливання від 150 до 2500 Гц.

Звуки однієї частоти сприймаються як чисті тони, оскільки виникають збудження певних волоскових клітин. Коливання з більшим числом частот, кратних за довжиною основному тону, називаються обертонами. Співвідношення різних основних тонів і їх обертонів створює тембр звуку. Невпорядковані періодичні коливання викликають відчуття шуму.

Інтенсивність (голосність) звуку виражають в белах. Бел — логарифм відношення потужності даного звуку до порогової величини, прийнятої за одиницю. На практиці розрахунки ведуться в децибелах (0,1 Б). Для порівняння інтенсивності різних звуків можна привести такі приклади. Тихий шепіт на відстані 1,5 м — 10 децибелів (дБ), тиха розмова — 40, голосна розмова — 60, окрик — 80, літак при зльоті — 110 ... 120, космічна ракета при зльоті — 140... 150 дБ.

Адаптація переддверно-завиткового органа. Тривалий вплив звуків на переддверно-завитковий орган призводить до поступового зниження його збудливості.

Звуки інтенсивністю вище 100 дБ викликають пошкодження, а тривалі звуки значно меншої інтенсивності (40... 50 дБ, особливо монотонні) негативно впливають на функціональний стан переддверно-завиткового органа.

У середньому вусі є спеціальний механізм, який захищає слуховий апарат від сильних звукових коливань. Це два маленьких м'язи, один з них прикріплений до молоточка, другий до стремінця. Під впливом сильних звуків ці м'язи рефлекторно скорочуються, що призводить до зменшення амплітуди коливань, які передаються на завитку. Але цей механізм захисту мало ефективний при швидкому виникненні звуку (простріл) через тривалий прихований період рефлексу 10 м/с і при особливо тривалій дії звуків через адаптацію цього рефлексу. Досить довге перебування людини в умовах сильних шумів дуже шкідливе.

Вікові особливості переддверно-завиткового органа. Формування рецепторного апарату закінчується ще до народження. Якісний розвиток і дозрівання, кіркових нейронів закінчується до 2 ... 5 років. Функціональні зміни переддверно-завиткового органа спостерігаються протягом всього життя. Гострота слуху збільшується до 14... 19 років, а потім починає зменшуватись. Чутливість слуху до 40 років найбільша при частоті 3 тис. Гц, в 40 ... 49 років — 2 тис, а після 50 років — 1 тис. Гц.

Будова вестибулярного апарату. До складу внутрішнього вуха входять переддвер'я, півколові канали, маточка і мішечок (еліптичний і сферичний мішечки), які є вестибулярним апаратом і виконують функцію органа рівноваги. У порожнинах маточки і мішечка містяться волоскові клітини циліндричної і кулеподібної форми. До них підходять закінчення чутливих волокон переддверно-завиткового нерва. Волоски рецепторних клітин занурені у драглисту мембрану, яка має кристалічні включення — отоліти. В півколових каналах волоскові клітини зібрані у так звані ампулярні гребінці, над якими знаходиться ампулярна мембрана, або купула, здатна коливатись при зміщеннях ендолімфи півколових каналів. Рецептори мішечка та маточки реагують на зміни сили тяжіння. Збудження волоскових клітин відбувається під впливом зміщення отолітової мембрани, при натягуванні волосків в результаті відвисання мембрани і при надавлюванні мембрани на волоски. Таким чином, апарат переддвер'я сприймає зміни сили тяжіння у всіх трьох площинах.

Волоскові клітини півколових каналів реагують на зміни швидкості, прискорення руху організму в горизонтальній площині і при обертальних рухах. Під впливом руху зміщується ендолімфа, а разом з нею і купула, що призводить до згинання волосків, виникнення в них рецепторного потенціалу.

Оскільки півколові канали розташовані в трьох взаємно перпендикулярних площинах, то рецепторний апарат їх реагує на зміни кутових прискорень у любому напрямку. Чутливість вестибулярного апарату: до прискорення становить близько 0,01 д.

Вестибулярні рефлекси. Ядро переддверно-завиткового нерва розташоване у довгастому мозку і має численні зв'язки із спинним мозком, з мозочком, нервовими центрами, що регулюють роботу внутрішніх органів, ядрами окорухових нервів. Тому подразнення рецепторів вестибулярного апарату проявляється численними рефлексорними реакціями. При збільшенні тиску отолітової мембрани на волоскові клітини (при швидкому підніманні вгору) рефлексорно підвищується тонус згиначів кінцівок, тулуба, шиї. Зміна тиску в протилежному напрямку викликає підвищення тонусу розгиначів. Це так звані «ліфтні рефлекси».

Збільшення тиску на рецептори в сферичних мішечках (при зміщеннях голови і тулуба в горизонтальній площині) рефлексорно підвищує тонус відвідних м'язів кінцівок, бокових м'язів тулуба, шиї тієї сторони, на якій відбулося збільшення тиску. При зниженні тиску тонус м'язів знижується. За допомогою цих рефлексів зберігається рівновага тіла під час ходіння і бігу.

Збудження рецепторів ампули шляхом зміни кутових прискорень викликає вимушені ритмічні рухи очних яблук (ністагм очей) і голови. При цьому розрізняють два типи рухів, повільні — у бік, протилежний напрямку обертання, і швидкі — за напрямком обертання. Ця реакція є формою пристосування до орієнтації в просторі під час швидких рухів за допомогою зорової сенсорної системи.

При сильних подразненнях вестибулярного апарату виникають рефлекторні реакції, які погіршують стан організму, — закачування, або так звана «морська хвороба». Вона викликає м'язову слабкість, запаморочення, збліднення, нудоту, блювоту.

Вестибулярний апарат має велике значення при виконанні фізичних вправ. Тому зниження порогу чутливості його є однією з задач тренування. Цьому сприяють фізичні вправи, пов'язані з різними обертаннями, швидкими поворотами та іншими спеціальними вправами.

В умовах космічних польотів сила земного тяжіння не проявляється. Тому вестибулярний апарат не подразнюється. Виникає дефіцит аферентної імпульсації з вестибулорецепторів, що може призвести до порушення нормального протікання фізіологічних функцій. Для того щоб підтримати нормальний функціональний стан вестибулярного апарату, використовуються спеціальні вправи.

Вікові особливості вестибулярного апарату. Вестибулярний апарат формується і дозріває раніше за інші сенсорні системи. Морфологічний розвиток усіх ланок апарату забезпечує прояв рефлекторних реакцій уже на четвертому місяці внутрішньоутробного розвитку.

В цей час вестибулярний апарат має велике значення для розвитку нервової системи. Після народження вестибулярний апарат дитини має такі самі функціональні характеристики, як і в дорослих.

Руховий аналізатор

М'язова система є джерелом численної сенсорної імпульсації. До складу нервів, що іннервують м'язи, входить від 30 до 50% аферентних волокон. Рецепторний апарат м'язів і суглобів сигналізує в нервову систему про ступінь напруження м'язових волокон, положення суглобів і різних частин тіла однієї відносно інших. Ця зворотна інформація необхідна для автоматичної регуляції постави і рухових актів. При порушеннях рухового аналізатора людина не може ні ходити, ні стояти. Імпульси від рухового аналізатора необхідні також для підтримання тону м'язів і тонкого пристосування вегетативних функцій до умов м'язової роботи.

Будова периферичної частини рухового аналізатора. Рецепторна частина аналізатора представлена нервово-м'язовими веретенами, пластинчастими тільцями (тільцями Фатера-Пачіні) і вільними чутливими закінченнями, які розташовані у зв'язках, сумках суглобів і фасціях м'язів.

Нервово-м'язове веретено складається з пучка м'язових волокон (від 2 до 12), які розміщені в сполучній сумці. Його довжина 4 ... 11. мм, діаметр —

80 ... 200 мкм. М'язи з високою функціональною активністю мають більше веретен (до 100), з меншою — менше. М'язове веретено одним кінцем прикріплюється до перимізію звичайних м'язових волокон, а другим — до сухожилків м'язів. Волокна м'язового веретена називають інтрафузальними, а звичайні волокна скелетних м'язів — екстрафузальними. Центральна частина інтрафузальних волокон розширена і називається ядерною сумкою. Навколо неї спіралью закручуються чутливі нервові волокна. Інтрафузальні волокна мають рухову іннервацію від гамма-мотонейронів спинного мозку. Імпульси, що надходять по еферентних волокнах, викликають скорочення інтрафузальних м'язових волокон, а це призводить до посилення потоку аферентних імпульсів від розтягування ядерної сумки. Активність гамма-мотонейронів у свою чергу регулюється ретикулярною формацією середнього мозку.

Чутливі нервові закінчення веретен збуджуються при розтягненні м'язів. Досить розтягнення м'язу всього на 10 мкм, щоб у них виник генераторний потенціал. У м'язових веретенах виявлено спонтанну імпульсацію, яка зникає під час скорочення м'язів у міру послаблення натягу інтрафузальних волокон.

Сухожилкові та інші рецептори рухового аналізатора збуджуються при рухах у суглобах, скороченнях м'язів. Таким чином, аферентні імпульси від рецепторів рухового аналізатора надходять у центральну нервову систему постійно при будь-якому положенні м'язів. Ця імпульсація є відповіддю м'язів на вплив мотонейронів, тому рецептори м'язової системи назвали пропріорецепторами (власними рецепторами) рухового апарату.

Збудження, що виникає в рецепторах на аферентних волокнах, передається в перший нейрон, розташований у спинному ганглії, і далі на другий нейрон, що міститься в довгастому мозку, і на третій — у згір'ї. Вищий відділ рухового аналізатора знаходиться в передній центральній звивині кори великого мозку.

Вплив фізичних вправ на розвиток пропріорецептивної чутливості. Різні параметри руху м'язова сенсорна система сприймає з різним ступенем точності. Людина чіткіше сприймає різницю в просторових переміщеннях тіла, ніж різницю в напруженні м'язів.

У результаті багаторазового виконання вправ поліпшується м'язово-сенсорна чутливість, тобто знижуються абсолютні і диференціальні пороги подразнення. Людина починає відчувати переміщення частин тіла на мінімальні кути, точно оцінювати масу, отримання тягарів та інтервали між послідовними подразниками.

В цьому полягає одна з причин покращення координації рухів при заняттях спортом.

На збудливість кіркових нейронів рухового аналізатора впливають імпульси від інших сенсорних систем. Тому термінова інформація про просторові і часові параметри руху сприймається слуховим і зоровим аналізаторами і покращує координацію рухових актів.

Вікові особливості рухового аналізатора. Руховий аналізатор структурно повністю формується ще до народження. Але його морфологічне

і функціональне удосконалення закінчується в 12... 15 років. У цей період збільшуються діаметр м'язових веретен, довжина інтрафузальних волокон, кількість ядер у них. В інших рецепторах рухового аналізатора після народження відбувається в основному розширення сітки розгалужень нервових волокон.

У шкільному віці функціонально удосконалюється центральна частина аналізатора — встановлюються численні умовно-рефлекторні зв'язки як у межах зони самого рухового аналізатора, так і з іншими сенсорними системами. Це проявляється в утворенні великої кількості рухових навичок і встановленні тонкої координації між роботою рухового апарату і внутрішніми органами, діяльність яких забезпечує постачання м'язів всіма необхідними поживними речовинами, киснем і видалення продуктів обміну. Період дитинства певною мірою є особливим періодом розвитку рухового аналізатора. В цей період умовно-рефлекторні зв'язки рухового аналізатора з іншими сенсорними системами встановлюються легко і міцно, тоді як після завершення цього періоду утворення зв'язків відбувається важко.

Звідси зрозуміло, яке важливе значення має правильна система фізичного виховання, що зумовлює формування рухових навичок і розвиток вегетативних систем організму.

Фізіологія чутливості шкіри

Шкіра є величезним рецепторним полем. Розташовані в ній рецептори сприймають три основних види впливів: механічні (тиск, дотик, вібрацію), температурні (тепло, холод) і больові. Мікроскопічні дослідження показали, що рецептори шкіри представлені нервовими закінченнями, які бувають вільними або знаходяться в капсулах. Існує гіпотеза, згідно якої специфічні відчуття зумовлюються специфічністю рецепторів, які реагують на певний вид енергії, тобто кожний вид подразника сприймається якимось єдиним типом нервових закінчень.

Холодові подразнення сприймаються колбами Краузе, теплові - тільцями Руфіні, дотикові—цибулиноподібними тільцями (тільцями Гольджі—Маццоні), дотиковими менісками (дисками Маркеля) і дотиковими тільцями (дисками Мейсснера). Больові відчуття виникають при подразненні вільних нервових закінчень.

Але існує також думка, що в основі розрізнявальної здатності шкіри лежить не вибіркова активація специфічних рецепторів, а просторовий і часовий розподіл імпульсів у рецепторах. Всі види відчуттів (дотик, тепло, холод, біль) можна одержати, подразнюючи тільки вільні нервові закінчення. Очевидно, що рецептори шкіри специфічні лише певною мірою.

Сприймання дотику. Рецептори, які реагують на механічні подразнення, розташовані в шкірі всього тіла, слизовій оболонці губ, язика. Але просторова чутливість у різних ділянках шкіри неоднакова. Так, дотик двома ніжками циркуля розрізняється як дві самостійні точки на відстанях: кінчик язика — 1,1 мм, кінчик пальців руки — 2,2, середина долоні — 8,9, а

середня лінія спини — 37 мм. Очевидно, це пояснюється тим, що кількість рецепторів, зв'язаних з однією нервовою клітиною, неоднакова на різних ділянках шкіри.

Центральна частина аналізатора розташована в задній центральній звивині кори великого мозку.

Температурна чутливість забезпечується двома типами рецепторів. Для людини (без одягу) нейтральна температура, при якій не відчувається ні тепла, ні холоду, знаходиться в межах +29... +32°C. При підвищенні температури шкіри вище цієї межі збуджуються клітини Руффіні і цибулиноподібні тільця, при зниженні—колби Краузе.

Рецептори температурної чутливості розташовані також в оболонках носа, рота, гортані і внутрішніх органів.

Больові відчуття виникають при подразненні чутливих нервових закінчень, а також найрізноманітніших рецепторів при досить сильному подразненні їх.

Фізіологія нюху і смаку

Рецептори нюхового аналізатора містяться у слизовій оболонці верхнього носового ходу. Вони мають надзвичайно високу чутливість, деякі речовини відчуються при вмісті в кубометрі повітря лише однієї молекули. Кірковий відділ нюхового аналізатора знаходиться у борозні та закрутці морського коника.

Рецептори смакової чутливості локалізовані на кінчику, бокових поверхнях і корені язика, на задній частині глотки і поверхні піднебіння. Вони мають складну будову і реагують вибірково на солодке (кінчик язика), кисле (краї язика), гірке (корінь язика), солоне (кінчик і краї язика). Смаковий поріг різний для різних речовин. Цукор, наприклад, відчувається в концентрації 0,01 М, а соляно-кислий хінін – 10^{-7} М. V

Кірковий кінець смакового аналізатора розташований в області закрутки морського коника. Нюховий і смаковий аналізатори швидко адаптуються до дії подразників.

Інтерорецептивний аналізатор. В регуляції функцій внутрішніх органів беруть участь розташовані в них рецептори — інтерорецептори. Вони поділяються на ті, що реагують на зміну тиску (барорецептори), механічні (механорецептори), термічні (терморецептори) і хімічні (хеморецептори). Для всіх інтерорецепторів характерною є мала здатність до адаптації. Сприймаючи всі зміни, які відбуваються в організмі, інтерорецептори забезпечують підтримання гомеостазу, саморегуляцію вегетативних систем організму. Інтерорецептивна сигналізація має важливе значення в узгодженні діяльності вегетативних систем під час м'язової роботи.

Контрольні питання

1. Сформулюйте поняття сенсорної системи.
2. Опишіть загальні закономірності будови та функцій аналізаторів.

3. У чому полягає значення аналізаторів для нормальної діяльності організму?
4. Опишіть загальні властивості аналізаторів.
5. Охарактеризуйте особливості структурно-функціональної організації зорового аналізатора.
6. Опишіть оптичну систему ока, механізм акомодатії, гостроти зору.
7. Дайте пояснення порушенням рефракції, механізму сприйняття світла і кольору, просторовому зору.
8. Охарактеризуйте особливості структурно-функціональної організації слухового аналізатора.
9. Поясніть механізм сприйняття та розрізнення звуків.
10. Поясніть особливості будови та функціональної організації вестибулярного аналізатора.
11. Дайте визначення руховому аналізатору.
12. Поясніть особливості будови та функціональної організації шкірного аналізатора.
13. Охарактеризуйте особливості будови та функціональної організації нюхового та смакового аналізаторів.
14. Поясніть особливості будови та функціональної організації інтерорецептивного аналізатора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Солодков А.В., Сологуб Е.Б. Физиология человека: Общая. Спортивная. Возрастная. - М.: «Терра –Спорт», «Олимпия –Пресс», 2001.-520 с.
2. Бабский Е.Б., Зубков А.А., Косицкий Г.И., Ходоров Б.И. Физиология человека. - М.: «Медицина», 1992. –655 с.
3. Кучеров І.С., Шабатура М.Н., Давиденко І.М. Фізіологія людини. – К.: «Вища школа», 1991. – 340 с.
4. Кучеров І.С. Фізіологія людини і тварин. - К.: «Вища школа». –1991.-320с.
5. Фомин Н.А. Физиология человека. -М.: «Просвещение», 1982.
6. Физиология человека / Под.ред. Н.В. Зимкина./- М.: «Фізкультура и спорт», 1975. – 382 с.
7. Ноздрачев А.Д. Общий курс физиологии человека и животных, т.1,2 – М.: «Высшая школа», 1991.-417с.
8. Нормальная физиология / Под.ред. А.В.Коробкова./- М.: «Высшая школа», 1980.- 412 с.
9. Хрипкова А.Г., Антропова М.В., Фарбер Д.А. Возрастная физиология и школьная гигиена - М.: «Просвещение», 1990. – 423 с.
10. Леонтьева Н.Н., Маринова К.В. Анатомия и физиология детского организма. М.: «Просвещение», - 1986. –278 с.
11. Старушенко Л.І. Анатомія та фізіологія людини.- К.: «Вища школа», 1992.- 378 с.
12. Хрипкова А.Г. Вікова фізіологія. – К.: «Вища школа» – 1982. – 290 с.
13. Ермолаев Ю.А. Возрастная физиология. – М.: « Высшая школа.» – 1986.- 420 с.

14. Физиология человека / Под ред. Р.Г. Шмидта и Г. Тевса/ –М.: «Мир», 1985., Ч.1-4, - 530 с.