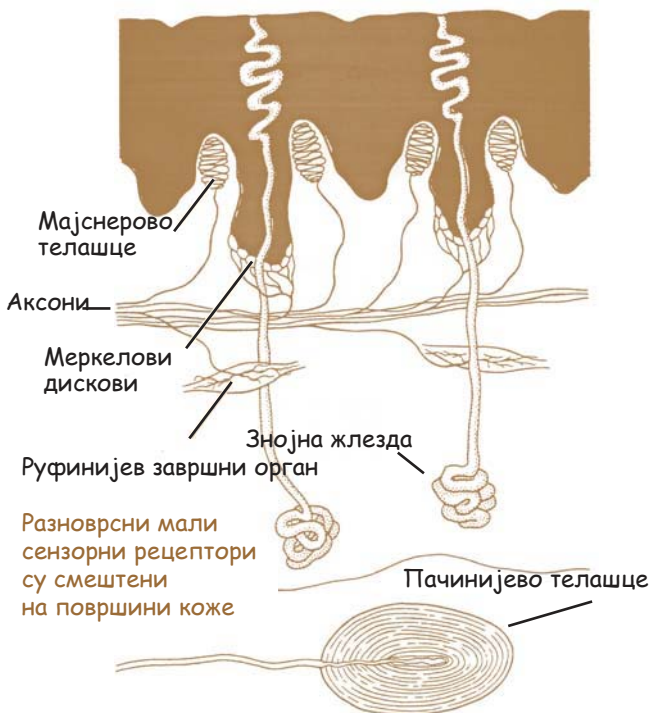


Додир и бол

Додир је посебан осећај - стисак руке, пољубац, крштење. Он нам даје први контакт са светом. Низови рецептора у целом нашем телу су подешени да детектују различите аспекте соматосензорног света - додир, топлоту и положај тела - а неки и за осећај бола. Осетљивост на додир није иста по површини тела, највећа је на местима као што су врхови прстију. Активно опицавање је такође важно, указујући на интеракцију са моторним системом. Бол служи томе да нас обавести и упозори о оштећењу тела. Има снажан емоционални утицај и под снажном је контролом у телу и мозгу.



Све почиње у кожи

У дермалном слоју коже, испод њене површине, смештени су разни типови рецептора. Названи према научницима који су их први идентификовали под микроскопом, **Пачинијева** и **Мајснерова** телашца, **Меркелови** дискови и **Руфинијеви** завршеци преносе различите аспекте додира. Сви они имају јонске канале који се отварају у одговору на механичку деформацију, изазивајући акционе потенцијале који могу експериментално да се региструју електродима. Неки научници су запањујуће експерименте извели на себи самима, убациујући електроде у сопствену кожу да би регистровали активност појединачних нерава. Оваквим и сличним експериментима на анестетизованим животињама, данас знамо да се прва два типа рецептора

брзо адаптују и да најбоље реагују на улегнућа која се брзо мењају (осећај **вибрација** и **треперења**), Меркелови дискови добро реагују на дуготрајна улегнућа коже (осећај **притиска**), док Руфинијеви завршеци реагују на споре промене.

За соматосензорне рецепторе је важан концепт **рецептивног поља**. То је област коже изнад сваког појединачног рецептора у којој он реагује. Пачинијева телашца имају много већа рецептивна поља од Мајснерових. Заједно, ови и остали рецептори омогућавају да можете да осећате догађаје на целој површини коже. Једанпут када детектују стимулус, рецептори шаљу импулсе дуж сензорних нерава који улазе у кичмену мождину кроз њене задње коренове. Аксони који спајају рецепторе за додир са кичменом мождином су велика мијелинизована влакна која екстремно брзо преносе информацију са периферије до моздане коре. Хладноћа, топлота и бол се детектују аксонима са "голим" завршецима који спорије проводе. Рецептори за топлоту такође показују **адаптацију** (види Оквир за Експеримент). Постоје и релејне станице за пренос додира у продуженој мождини и таламусу, пре пројектовања у примарну сензорну област коре звану **соматосензорни кортекс**. Нерви се укрштају по средњој линији тако да је десна страна тела представљена у левој хемисфери, а лева у десној.



Експеримент са адаптацијом на топлоту

Експеримент је једноставан. Треба вам метална шипка, дугачка око једног метра, и две канте воде. У једној канти вода треба да буде врућа, у другој ледена. Ставите једну руку у једну, другу у другу канту и држите их тако један минут. Сад извадите руке, брзо их обришите и ухватите металну шипку. Изгледа као да два краја исте шипке имају различиту температуру. Зашто?

Улазне информације из тела се систематски "пројектују" у соматосензорни кортекс да би створиле **представу о површини тела**. Неки делови тела, као што су врхови прстију и усне, имају велику густину рецептора и томе одговарајући велики број сензорних нерава. Области као што су леђа имају много мање рецептора и нерава. Међутим, у соматосензорном кортексу, густина паковања

неурона је равномерна. Последице, 'мапа' телесне површине у кортексу је јако изобличена. Некада звана сензорни **хомункулус**, оваква особа која би имала рецепторе за додир равномерно распоређене по површини тела би била чудно изобличена.

Можете да проверите ову различиту осетљивост појединих делова тела тестом **дискриминације двеју тачака**. Савијте парчиће папира у облик слова Л, тако да су неким врхови раздвојени око 2-3 cm, а неким много ближи. Потом, док не гледате, кажите другу да вас додирне овим комадима папира по различитим деловима тела. Да ли осећате један врх или два? Да ли некада осећате један иако вас, у ствари, додирују два? Зашто?



Хомункулус. Слика човека је нацртана на површини соматосензорног кортекса пропорционално броју рецептора који долазе из тог дела тела. То даје јако деформисан облик.

Изузетна способност дискриминације

Способност да се осете фини детаљи јако варира на појединим деловима тела, а најразвијенија је на врховима прстију и уснама. Кожа је довољно осетљива да примети тачку издигнуту за мање од 1/100 дела милиметра – уз претпоставку да је притиснете као кад слепа особа чита Брајеву азбуку. Једна од области истраживања испитује колико различити типови рецептора доприносе при различитим задацима као што су разликовање текстуре или облика предмета.

Додир није само пасивни осећај који реагује на оно што детектује. Он је укључен и у **активну контролу покрета**. Неурони у моторном кортексу који контролишу мишиће руку који покрећу прсте добијају сензорне информације из врхова прстију. Има ли бољег начина да утврдите да вам објекат испода из руке него брзом комуникацијом сензорног и моторног система? Размена информација између сензорног и моторног система почиње на првим релејним станицама у кичменој моздини,

укључујући ту и проприоцептивне повратне информације на моторне неуроне, а ово се наставља на свим нивоима соматосензорног система. Примарни сензорни и моторни кортекс су одмах један поред другог.

Активно опипавање је суштински важно за осећај додира. Замислите да испитујете fine разлике у текстури, као код различитих тканина или шмиргл-папира различите финоће. У којој од ових ситуација бисте постигли најфиније разликовање?

- Постављањем врхова прстију на узорке?
- Прелажењем врховима прстију преко узорака?
- Коришћењем машине која помера узорке преко врхова прстију?

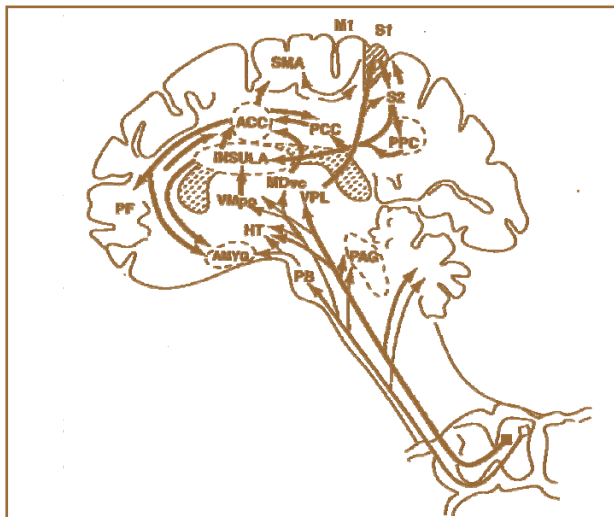
Исход оваквих бихејвиоралних експеримената води у питање где у се мозгу анализује релевантна сензорна информација. Функционална визуализација мозга указује да су у идентификацији текстуре или врсте објекта додиром укључене различите области мозга. Визуализација мозга почиње да даје увид и у кортикални пластицитет откривајући то да мапа тела у соматосензорном кортексу може да се мења са искуством. На пример, слепи људи који читају Брајеву азбуку имају већу кортикалну презентацију кажипрста кога користе при читању, а свирачи на жичаним инструментима имају увећану кортикалну презентацију прстију леве руке.

Бол

Иако се често сврстава са додиром као још један од осећаја из коже, систем за пренос бола има, у ствари, јако другачије функције и анатомску организацију. Његова главна карактеристика је да је непријатан, јако варира међу појединцима и, изненађујуће, да информација пренесена рецепторима за бол даје мало информација о природи стимулуса (мала је разлика у болу изазваног огреботином или убодом коприве). Стари Грци су сматрали бол емоцијом, а не осећајем.

Регистровање активности појединачних нервних влакана животиња открива одговоре на стимулусе који изазивају или тек прете да изазову оштећење ткива - интензивни механички стимулуси (штивање), снажна топлота и разни хемијски стимулуси. Али, овакви експерименти нам ништа не говоре о субјективном доживљавању.

Молекуларно биолошке технике су откриле структуру и карактеристике великог броја **ноцицептора**. Ту спадају рецептори који реагују на топлоту преко 46 °C, на киселост ткива, као и - опет изненађење - на активни састојак чили паприка. Гени за рецепторе који реагују на снажне механичке стимулусе нису још откривени, али мора бити да постоје. Две групе периферних аферентних влакана реагују на штетне стимулусе: релативно брза мијелинизована влакна, звана **Аб влакна**, и танка, спора, немијелинизована **С влакна**. Обе групе влакана улазе у кичмену моздину, где граде синапсе са низом неурона који се пројектују у кору мозга. Ово врше користећи паралелне усходне путеве, један који се бави локализацијом бола (слично путу за додир), а други који је одговоран за емоционални аспект бола.



Усходни путеви за бол из кичмене мождине (доле) до виших области мозганог стабла и кортекса, укључујући и АСС (предњи цингулум) и инсулу.

Овај други пут се не пројектује у соматосензорни кортекс, већ у сасвим друге области, као што су **предњи цингуларни** и **инсуларни кортекс**. У експериментима са визуализацијом мозга, користећи хипнозу, било је могуће раздвојити чист осећај бола од његове 'непријатности'.

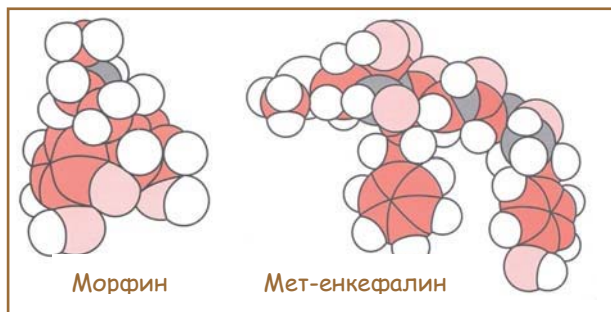
Испитаници су потапали руке у болно врућу воду, а потом били подвргнути хипнотичкој сугестији за повећање или смањење јачине или непријатности бола. Користећи позитронску емисиону томографију (ПЕТ), нађено је да је током промене у опаженој јачини бола настајала активација соматосензорног кортекса, док је доживљај непријатности бола био праћен активношћу у предњем цингуларном кортексу.

Живот без бола?

Узевши у обзир нашу жељу да избегнемо изворе бола, као што су зубари, могли бисте да помислите да би живот без бола био добар. Није тако. Зато што је једна од кључних функција бола да нам омогући да научимо да избегавамо ситуације у којима бол настаје. Акциони потенцијали у ноцицептивним нервима који улазе у кичмену мождину изазивају аутоматске заштитне рефлексе, као што је рефлекс узмицања. Они нас такође снабдевају информацијама које нас уче да избегавамо опасне или претеће ситуације.

Друга важна функција бола је инхибиција активности - мировање које омогућава зацељивање после оштећења ткива. Наравно, у неким ситуацијама је битно да активност и реакција бега не буду инхибисане. Да бисмо се носили са таквим ситуацијама, развили смо механизме који или потискују или појачавају бол. Први такав механизам који је био откривен је систем **ендогених аналгетика**. У условима вероватне повреде, као што је то код војника у бици, осећај бола се сузбија до изненађујућег нивоа - вероватно зато што се ослобађају овакве супстанце.

Експерименти на животињама су показали да електрична стимулација неких делова мозга као што је акведуктална сива маса значајно подиже праг бола и да је ово посредовано нисходним путевима из средњег мозга ка кичменој мождини.



У то је укључен већи број хемијских трансмитера, међу њима и ендогени опиоиди као што је **мет-енкефалин**. Аналгетик морфин делује на исте оне рецепторе на које делују и неки од ендогених опиоида.

Обрнути феномен појачања бола се зове **хипералгезија**. Код ње се спушта праг бола, повећава његова јачина, повећава се област над којом се бол осећа или се чак јавља бол у одсуству болног стимулуса. Ово може да буде велики клинички проблем. Хипералгезију изазивају сензитизација периферних рецептора, као и комплексни феномени на различитим нивоима усходних путева за бол. Међу њих спада и интеракција хемијски посредоване ексцитације и инхибиције. Хипералгезија код хроничних болних стања настаје услед појачања ексцитације и смањења инхибиције. Већи део овога настаје услед промена у реактивности неурона који обрађују сензорне информације. Важне промене се дешавају у рецепторским молекулима који омогућавају дејство одговарајућих неуротрансмитера. Упркос великом напретку у нашем разумевању ћелијских механизма хипералгезије, клинички третман хроничног бола је жалосно неадекватан.

Домети истраживања



Традиционална кинеска медицина користи процедуру звану акупунктура за олакшање бола. Користе се игле, које се убадају у кожу на посебним местима дуж онога што се зове меридијан. Њих потом ротира или вибрира особа која врши третман пацијента. Ово сигурно ублажава бол, али до недавно, нико није био сигуран како.

Пре четрдесет година, у Кини је основана лабораторија са циљем да открије како то ради. Њихови налази су показали да електрична стимулација једном фреквенцом изазива ослобађање ендогених опиоида званих ендорфини, као што је мет-енкефалин, док стимулација другом фреквенцом активира систем осетљив на динорфине. Ови резултати су омогућили развој јефтиних електричних машина за акупунктуру (лево) које могу да се користе уместо лекова за ублажавање бола. Пар електрода се поставља на "Хеку" тачке на руци (десно), а други на болно место.