

Електрофізіологічна та гістоморфологічна характеристика рецепторів суглоба

С. І. Фудель-Осипова, Г. Л. Ємець, А. В. Буриченко

Лабораторія фізіології і патоморфології Інституту ортопедії і травматології, Київ

Аферентні імпульси, що надходять до центральної нервової системи від суглобів, відіграють важливу роль у складних рухових актах тварини і людини. Відомо, що капсули суглоба мають досить багату іннервацію (Астахова, 1958; Букін, 1958; Ємець, 1957; Громада, 1956; Полацек, 1956) і що аферентна імпульсація від їх рецепторів виникає при натягуванні капсули під час руху. Отже, щоб мати правильне уявлення про координацію рухів, необхідно вивчити особливості рецепторного апарата капсули суглоба. В літературі не висвітлено питання про тип і характер рецепторів у капсулі і про їх зв'язки з певним видом аферентної імпульсації.

Наші дослідження мали на меті визначити тип і характер рецепції капсули суглоба. Щоб з'ясувати це питання, нами був використаний колінний суглоб кішки, який за своєю рухомістю, структурою і кровопостачанням найбільш близький до колінного суглоба людини (Мажуга, 1956; Гарднер, 1950).

Методика досліджень

Досліди провадили на наркотизованих гексеналом (85 мг на 1 кг ваги тіла, інтраперитонеально) кішках, у яких відпрепарували *p. articularis medialis*, що іннервує передню поверхню капсули, або *p. articularis posterior*, який іннервує задню поверхню капсули. У верхній частині стегна перерізали *p. ischiadicus*, *p. obturatorius*, *p. saphenus*, волокна яких входять до складу нервових гілок, що іннервують колінний суглоб. Крім того, ми відділяли від суглоба прикріплені до нього м'язи: чотириголовий, кравецький, ніжний, напівсухожильний, двоголовий, литковий (обидві головки); отже, колінний суглоб ізолювали від побічних впливів і всі реакції, які виникали при подразненні колінної капсули, були суто рецепторними. Досліджувану нервову гілочку звільняли від оболонки і в ряді випадків розділяли на окремі невеликі пучки волокон. Кішку під час операції і протягом усього досліді обігрівали грілкою, а суглоб разом з досліджуваним нервом перебував під рідким парафіном (+39°).

Реакцію рецепторів на різні подразнення капсули колінного суглоба реєстрували шляхом відведення електричних потенціалів окремих гілочок нерва через підсилювач змінного струму (смуга пропускання частотою 5—1500 гц) до катодного осцилографа.

Другий промінь осцилографа записував відмітку часу ($\frac{1}{50}$ сек.), фотографування провадилось на рухомій плівці.

Мікроскопічне дослідження провадили на гістологічних зрізах і тотальних препаратах, які виготовляли шляхом розтягування капсули на скляних рамках з дальшою фіксацією їх у 20%-ному нейтральному формаліні.

Препарати піддавали срібленню за методом Більшовського—Грос—Лаврентьєва і Рамон Кахалю в модифікації де-Кастро. Для створення жовтуватого фону в препаратах з метою чіткішого визначення нервових волокон препарати дофарбовували насиченим розчином пікринової кислоти. Частину препаратів для відповідного профарбування колагенових волокон перед імпрегнацією залишали на 7—8 год. у 5%-ному розчині оцтової кислоти.

Результати досліджень

При входженні в капсулу задній суглобовий нерв складається із 120—180 волокон (обчислено на 20 нервах), поділяється на дві-три гілочки різної товщини, які самі складаються з 30—100 нервових волокон. Медіальний суглобовий нерв тонший від заднього і складається із 100—140 волокон (встановлено на чотирьох нервах).

Нервові гілки в капсулі мали деревовидну (рис. 1) або кущовидну (рис. 2) форму з більш численними розгалуженнями на задній поверхні

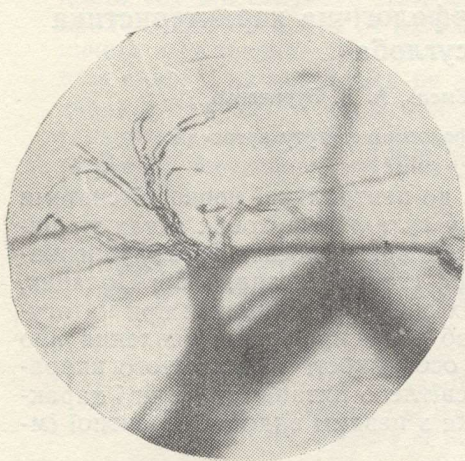


Рис. 1. Деревовидне розгалуження нервових волокон, закінчення гудзикоподібної форми. 10×6.

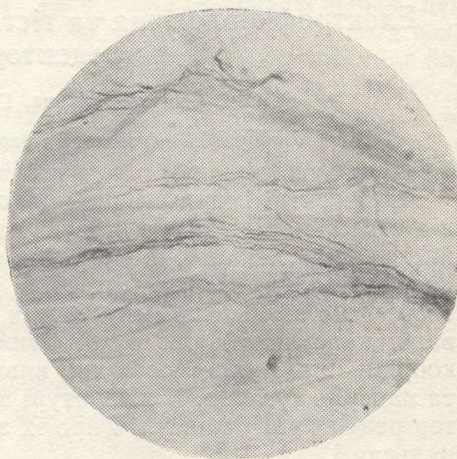


Рис. 2. Кущовидна форма вільних нервових закінчень. Тотальний препарат капсули. 44×6.

капсули, ніж на передній. Нервові закінчення були найрізноманітнішої форми: у вигляді маленьких кілець або гудзиків та у великій кількості у вигляді вільних нервових закінчень. В багатьох препаратах були виявлені складні нервові закінчення типу Руфіні та пачинієвих тілець (рис. 3). Деякі з цих складних тілець розташовувались поблизу судин, іноді стикаючись з їх стінками. Вільні нервові закінчення досить часто закінчувались безпосередньо на стінці судини.

Для визначення наявності тактильних рецепторів ми застосовували різні подразники, які розвивали тиск різної сили на тканину: волосинку Фрея (дотик — 20 мг, тиск — 1500 мг), скляну паличку діаметром в 2 мм (дотик — 150 мг, тиск — 10 г), перо з довгим тонким кінцем (дотик — 150 мг, тиск — 7 г).

Ці подразники прикладали з різною силою до окремих ділянок капсули. Для зручності ми склали карти передньої і задньої поверхні капсули і розбили їх на пронумеровані ділянки.

Отже, ми точно знали, яку ділянку ми подразнюємо і тому мали можливість визначити місце, найбільш чутливе до певного подразника, і перевірити також відповідь з даної ділянки в різних дослідах.

Тактильна чутливість була нами виявлена на всій поверхні капсули, але реакція на інтенсивність тиску була різною. В деяких місцях на дотик волосинкою Фрея або скляною паличкою відповіді в нервовій гілочці не було, але на тиск у цьому самому місці виникала імпульсація. Різною була також відповідь з різних ділянок капсули на тиск різної сили, але закономірність виявилася загальною: при посиленні тиску збільшується кількість імпульсів різноманітного характеру.

В медіальному нерві при такому положенні 110°. Найменший рух, який був вивчений (Гарднер, Скоглунд).

Передня поверхня задня. При дотику до альним нервом, особливо м'яза, імпульси зовсім не спостерігалися. Повідь була незначною. Поверхня капсули має ливу іннервацію, тут і широкі розгалуження, ній поверхні капсули.

Повна відсутність у задньому суглобовому застосування подразника ригалася лише в деяких. Найчастіше в стані спому нерві можна було вати імпульси, які від різних дослідів як час і величиною. Досить стерігались імпульси дою 25—30 мкв, част 24 в 1 сек. Лапа кішки слідах була в злегка положенні, під кутом цьому положенні імпульса найменшою.

При подразненні нерву нерви з'являлись р'янки міжсуглобової ними виростками як с'лянках навіть слабке різної величини.

Ми намагались від тиках, від імпульсів під тиску, поряд з рецепто тик), дадуть відповідь ня при певній силі р'натискуванні. З цією ми змінювали його інт

Ми користувались середньої сили — 5 г, для заднього нерва і 8

Наводимо осцилограм вих дослідів. На почат а потім ефект від подраз зберігався постійно, а імпульсації.

На осцилограмі (нення (дотику) частот му тиску (рис. 4, б) ч

В медіальному нерві стану цілковитого спокою можна домогтися при такому положенні кінцівки, коли вона зігнута в коліні під кутом 110° . Найменший рух у колінному суглобі викликав імпульсацію, характер якої був вивчений та описаний деякими авторами (Бойд і Роберт, Гарднер, Скоглунд).

Передня поверхня капсули менш чутлива до дотиків і тиску, ніж задня. При дотику до деяких ділянок капсули, що іннервуються медіальним нервом, особливо в ділянці розташування сухожилля чотириголового м'яза, імпульси в нерві зовсім не спостерігалися, або відповідь була незначною. Передня поверхня капсули має менш чутливу іннервацію, тут нема таких широких розгалужень, як у задній поверхні капсули.

Повна відсутність імпульсів у задньому суглобовому нерві без застосування подразнення спостерігалася лише в деяких випадках. Найчастіше в стані спокою в цьому нерві можна було зареєструвати імпульси, які відрізнялись у різних дослідах як частотою, так і величиною. Досить часто спостерігались імпульси з амплітудою 25—30 мкВ, частотою 12—24 в 1 сек. Лапа кішки в цих дослідах була в злегка зігнутому положенні, під кутом в 170° . При цьому положенні імпульсація була найменшою.

При подразненні задньої поверхні капсули (дотик, тиск) в задньому нерві з'являлись розряди імпульсів. Особливо чутливими були ділянки міжсуглобової щілини і ділянки між медіальними та латеральними виростками як стегнової, так і великогомілкової кістки. В цих ділянках навіть слабе подразнення викликає значний потік імпульсів різної величини.

Ми намагалися віддиференціювати імпульси, що виникають при дотиках, від імпульсів під впливом тиску, вважаючи, що при застосуванні тиску, поряд з рецепторами, які відповідають на легке подразнення (дотик), дадуть відповідь і інші рецептори, які залучаються до подразнення при певній силі розтягування капсули, що обов'язково виникає при натискуванні. З цією метою, не змінюючи місця і способу подразнення, ми змінювали його інтенсивність.

Ми користувалися трьома градаціями: слабе подразнення — 0,2 г, середньої сили — 5 г, сильне — 10 г. Було проведено 18 таких дослідів для заднього нерва і 8 для медіального.

Наводимо осцилограми заднього нерва, одержані в одному з типових дослідів. На початку дослідів фотографували загальний стан (фон), а потім ефект від подразнення. В цьому досліді стан відносного спокою зберігався постійно, а під впливом подразнення змінювався характер імпульсації.

На осцилограмі (рис. 4, а) видно, як під впливом легкого подразнення (дотику) частота й амплітуда імпульсів збільшились. При легкому тиску (рис. 4, б) частота цих імпульсів ще збільшилась (на осцило-

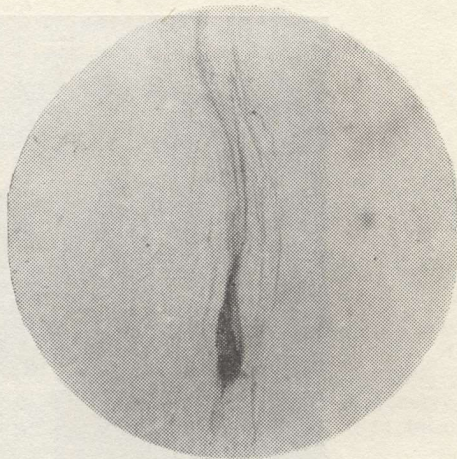


Рис. 3. Поздовжній розріз фатер-пачині-йового тільця. Сполучнотканинна капсула, складена з пластин. М'якушеве нервово волокно в середині капсули. 44×6 .

грамі видно лише початок тиску). Сильний тиск викликав появу великого потоку імпульсів значної частоти (рис. 4, в). Початок і кінець подразнення на рис. 4, в побачити не можна, оскільки рисунок зроблений через 2 сек. після початку подразнення, коли імпульсація досягла найбільшої інтенсивності. З таблиці видно, що збільшення сили подразнення підвищує частоту всіх імпульсів і викликає появу нових високовольтних імпульсів, яких не було в стані спокою. При легкому тиску частота імпульсів у 10—12 мкв уже через 0,5 сек. від початку тиску повертаєть-

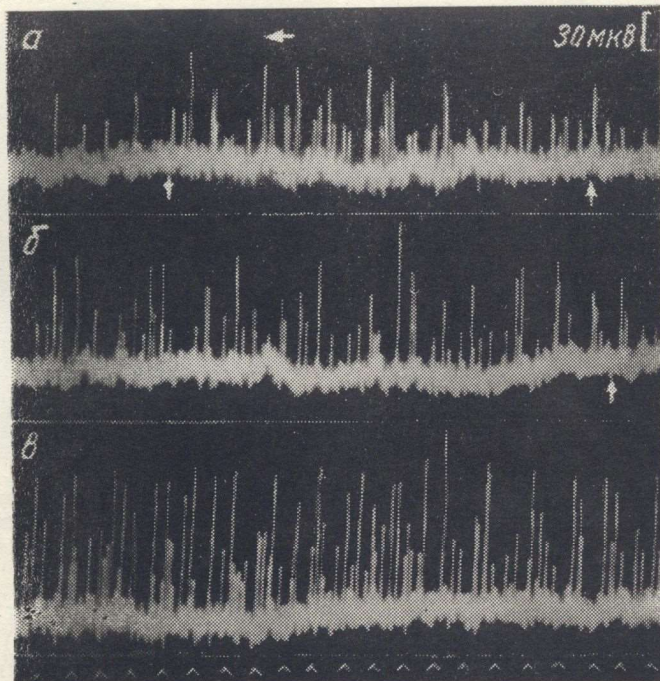


Рис. 4. Розряд імпульсів у задньому нерві суглоба:

а — при дотику скляною паличкою до капсули (початок і кінець подразнення позначені стрілками); б — при легкому натискуванні (початок подразнення позначено стрілкою); в — при сильному натискуванні. Пояснення в тексті. Всі осцилограми читати справа наліво.

ся до вихідної величини. Частота всіх інших імпульсів через 0,5 сек. також зменшується, залишаючись постійно низькою до припинення подразнення. Тільки імпульси в 36—42 мкв в кінці подразнення зовсім зникають.

Протилежна картина спостерігається при сильному подразненні. При продовженні подразнення частота імпульсів для всіх видів потенціалів зростає, досягаючи максимальної величини через 2 сек. після початку подразнення. Досягнувши максимуму, частота імпульсів, незважаючи на продовження подразнення такої самої інтенсивності, починає знижуватись і ще до припинення подразнення більшість імпульсів зберігає частоту, яка спостерігалася в стані спокою.

Імпульси в 36—42 мкв, які з'явилися лише при подразненні, досягали найбільшої частоти при сильному тиску і зникали відразу після припинення подразнення. Цей вид імпульсації відзначався досить рідко. Можна було б припустити, що він властивий рецепторам особливо-

го виду, які приходять до мозку з заднього нерва. Цей вид імпульсації вивчено в невеликій кількості різних тварин, але тільки типу Пачи.

Інкапсульовані тіла вивчені Гарднером, Самюелем і іншими в великій кількості. Скогун і Рудіні вивчили капсули і два-три чини в задній стінці капсули в передній.

Питання про наявність больових рецепторів не з'ясоване. Деякі дослідники вважають, що інтенсивність больового відчуття залежить від будь-якого рецептора м'язово-суглобового.

Розглядаючи імпульси в різних подразненнях, можна знайти в ній будь-які характеристики, властиві лише больовому відчуттю. Для цього були застосовані різні види больових подразнень: укол, термічний опік.

Укол голкою в капсулу викликав імпульси, які слід відзначити, що в м'язах медіальним нервом виник розряд імпульсів, при дотику і тиску. Такі імпульси, які інтенсивно-

Амплітуда (в мкв) і час

Вид подразнення

Спокій	10—
Початок дотику	20—
Так само	30—
» »	15—
Подразнення припинено	10—
Легкий тиск	25—
Так само	40—
» »	10—
» »	10—
Подразнення припинено	10—
Сильний тиск	15—
Так само	25—
» »	40—
» »	50—
» »	20—
» »	10—
Подразнення припинено	10—

го виду, які приходять в активний стан при деформаціях капсули. Гістологічне дослідження видаленої ділянки капсули показало, що, крім великої кількості різноманітних нервових закінчень, тут є інкапсульоване тільки типу Пачині (рис. 3).

Інкапсульовані тільки в капсулі колінного суглоба були описані Гарднером, Самюелем, Скоглундом. Вони виявляли їх у дуже обмеженій кількості. Скоглунд описав тільки типу Руфіні в задній і передній стінках капсули і два-три тільки типу Пачині в задній стінці капсули й одне-два в передній.

Питання про наявність специфічних больових рецепторів до цього часу не з'ясоване. Деякі дослідники вважають, що інтенсивне подразнення будь-якого рецептора може викликати больове відчуття.

Розглядаючи імпульсацію при відповідних подразненнях, ми намагалися знайти в ній будь-які характерні риси, властиві лише больовому подразненню. Для цього були застосовані кілька видів больових подразників: механічний — укол, термічний — опік, хімічний — опік.

Укол голкою в будь-яку ділянку капсули викликав імпульсацію, причому слід відзначити, що в місцях, іннервованих медіальним нервом, де не було відповіді на дотик, при уколі виник розряд імпульсів, які мало відрізнялись від імпульсів, що виникли при дотику і тиску. Такі самі імпульси з'явилися при уколах і в інші ділянки капсули, які іннервуються медіальним нервом.

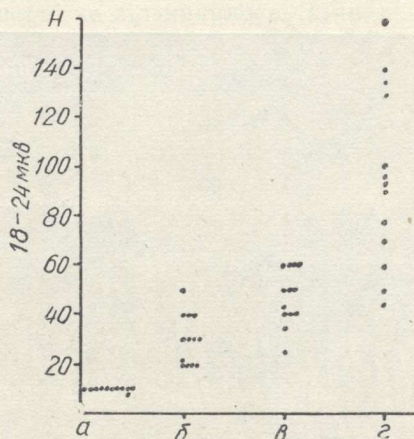


Рис. 5. Зміна частоти імпульсів у 18—24 мкВ при різних подразненнях капсули (результати 13 дослідів).

На абсциси: а — спокій, б — дотик, в — тиск, з — укол; на ординаті — частота імпульсів в гц.

Амплітуда (в мкВ) і частота (в гц) імпульсів при подразненнях різних видів

Вид подразнення	Величина імпульсів					Час від початку подразнення в сек.
	10—12	15	18	24—30	36—42	
Частота						
Спокій	10—15	5—10	5—10	15—20	0	
Початок дотику	20—25	15—20	14	15—20	5	Початок подразнення
Так само	30—40	25—30	20	25	20	0,2
» »	15—20	20—25	15	20	5	0,3
Подразнення припинено	10—15	10	10	20	0	0,4
Легкий тиск	25—30	20—25	20—25	30	10	Початок подразнення
Так само	40—50	35—40	30	40	20—25	0,2
» »	10—15	15—25	20—25	25—30	25—30	0,5
» »	10—15	15—20	15—20	20—25	20	0,7
Подразнення припинено	10—15	10—15	15—20	20—25	1	1,2
Сильний тиск	15—20	15	10—15	25—30	0	Початок подразнення
Так само	25—30	20—25	30	30—35	35	0,6
» »	40—45	30—40	30—35	30—35	40—45	1,4
» »	50—60	50	40	45	45—50	2,0
» »	20	15—20	10—20	25—30	15—20	2,4
» »	10—15	10	5—10	20—25	10—15	2,8
Подізнання припинено	10—15	10	5—10	15—20	0	3,1

В задньому нерві при уколї в капсулу завжди виникає розряд імпульсів, який характеризується високою частотою, особливо для імпульсів у 18—24 мкв. У 13 дослідів ми подразнювали різні ділянки капсули, застосовували в усіх випадках у тій самій ділянці подразнення трьох видів — дотик, тиск, укол. Результати цих дослідів наведені на графіку (рис. 5). Збільшення частоти імпульсів у 18—24 мкв при уколї,

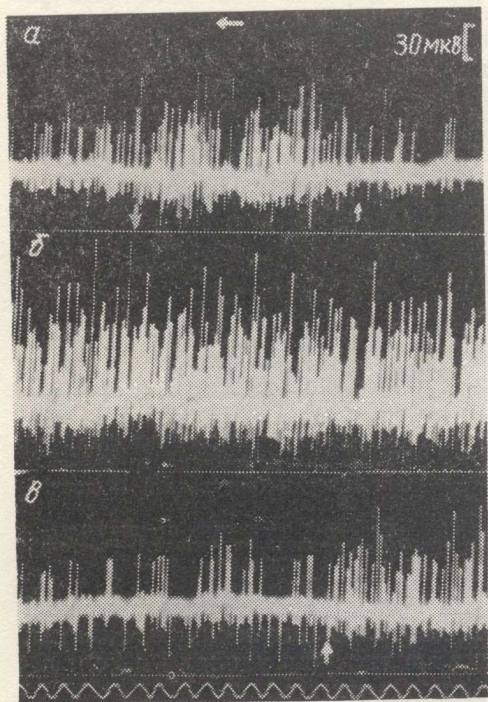


Рис. 6. Аферентна імпульсація в задньому нерві суглоба:

а — при дотику голкою до капсули; б — укол капсули в те саме місце, що і дотик; в — момент зняття подразнення (показано стрілкою), імпульсація в нерві зменшилась.

так само як і на інших, видно імпульси найрізноманітнішої амплітуди, серед яких імпульси у 18—24 мкв переважають і при уколї досягають 160 гц.

Цей приклад є типовим, тому можна зробити висновок про відсутність специфічної імпульсації у відповідь на укол, коли відзначається лише збільшення частоти всіх видів імпульсів, переважно у 18—24 мкв.

При проколї капсули також виникало значне, але короточасне прискорення імпульсів, яке припинялось відразу після виведення голки.

Термічний опік заподіювали на передній поверхні капсули за допомогою підігрітої скляної палички. Оскільки при такому методі здійснення опіку обов'язково наявний елемент дотику, для диференціювання больових імпульсів від тактильних ми спочатку зафіксували відповідь на дотик тією самою паличкою, але не підігрітою. При дотику можна зареєструвати кілька розрядів короточасних імпульсів, між якими виникають поодинокі імпульси. При опіку відразу виникає великий залп імпульсів, що складається з імпульсів, які спостерігались при дотику, та імпульсів у 45—55 мкв (рис. 7, а). Всі імпульси характеризувались

досить високою частотою, особливо для імпульсів у 18—24 мкв. У 13 дослідів ми подразнювали різні ділянки капсули, застосовували в усіх випадках у тій самій ділянці подразнення трьох видів — дотик, тиск, укол. Результати цих дослідів наведені на графіку (рис. 5). Збільшення частоти імпульсів у 18—24 мкв при уколї, як це видно з графіка, в окремих ділянках капсули різне, але воно завжди вище, ніж для подразнень двох інших видів. У деяких дослідів частота імпульсів досягає 160 гц, тоді як для тиску максимальна частота дорівнювала 60 гц; мінімальна частота при уколї становила 45 гц, а при тиску — 25 гц.

Докладний аналіз відповіді на укол і відміну її від відповіді на дотик був проведений в ряді дослідів, один з яких наведений на рис. 6. До певної точки задньої поверхні капсули доторкувались тонкою скляною голкою, потім, не віднімаючи голки, робили укол, який попадав у ту саму точку, що й дотик. На першій частині рисунка (рис. 6, а) видно розряд імпульсів, які виникли при дотику, на другій частині (рис. 6, б) — великий потік імпульсів, зареєстрований під час уколу і, нарешті, третя частина показує кінець подразнення (рис. 6, в). Тут можна відзначити ще більшу частоту імпульсів, яка після припинення подразнення поступово знижується (крива вигинається). На цих осцилограмах,

досить високою частотою давали імпульси, що призводило до подразнення потік імпульсів на фоні. Отже, сигнал ще в момент подразнення

Після цього експерименту, але ніяких розрядів, що опік призводив до 40 хв. ми перевірили ч

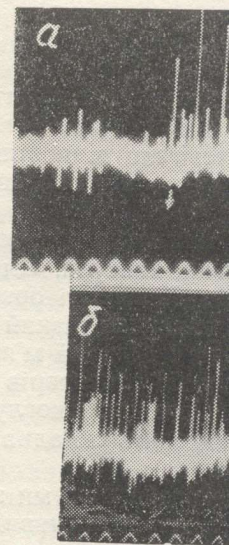


Рис. 7. Аферентна імпульсація в задньому нерві суглоба:
а — при опіку капсули;
б — при впорскуванні в

на нерві виникали окремими імпульсами, що складалися із 4—5 імпульсів.

Опік поверхні капсули здійснювали за допомогою термічного опіку. При дотику відзначались поодинокі імпульси, які виникали з паузами в 0,08—0,1 с. Окремі з них складалися з 4—5 імпульсів, який спостерігався після припинення подразнення поодинокі імпульси.

Крім описаних дослідів ми впорскували в капсулу гарячий розчин Рінгера. Ці подразники впорскували до 4 мл рідини. Отже, відповідно до своїх результатів. Подразнююча дія уколу

досить високою частотою, значно більшою, ніж при дотику. Найбільшу частоту давали імпульси у 18—24 мкв, а відразу після припинення подразнення потік імпульсів зменшується і залишається звичайна картина фону. Отже, сигнал у центральну нервову систему надсилається лише в момент подразнення.

Після цього експерименту спостереження провадилися протягом години, але ніяких розрядів імпульсів у нерві не відзначалось. Здавалося, що опік призводить до повної деструкції живих елементів. Через 40 хв. ми перевірили чутливість місця опіку легким дотиком до нього, і

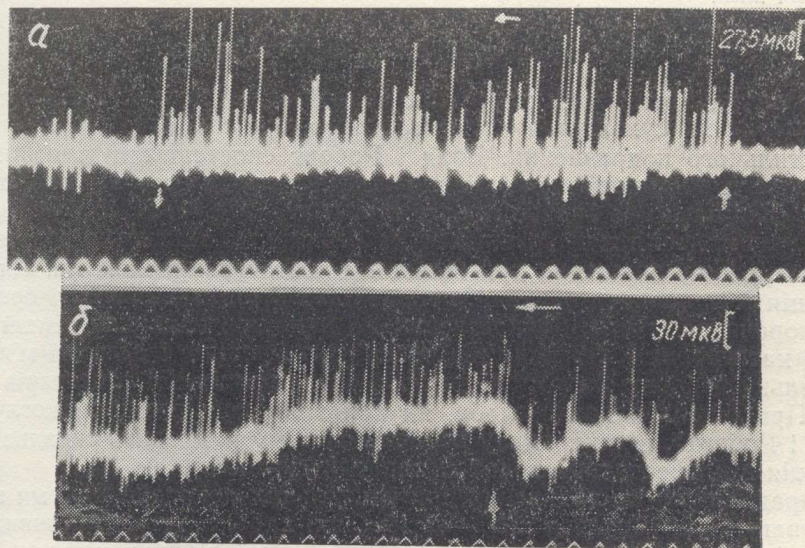


Рис. 7. Імпульсація в медіальному нерві:

а — при опіку капсули (момент дотику підігрітою паличкою позначено стрілкою);
б — при впорскуванні в капсулу гарячого (+56°) розчину Рінгера (момент впорскування позначено стрілкою).

на нерві виникали окремі короткі залпи, тривалістю 0,03—0,05 сек., вони складалися із 4—10 імпульсів такого самого типу, як і до опіку.

Опік поверхні капсули скипидаром ми заподіювали так само, як і термічний опік. При дотику склянню, обмотаною ватою, паличкою у нерві відзначались поодинокі імпульси різної напруги, з досить значними інтервалами. У відповідь на такий самий дотик змоченою скипидаром паличкою виникали окремі залпи імпульсів, тривалістю 0,03—0,12 сек., з паузами в 0,08—0,1 сек. Загальна тривалість залпів становила 1,5 сек. Окремі з них складалися з потенціалів різної амплітуди того самого типу, який спостерігався при звичайному дотику, але з більшою частотою. Після припинення подразнення протягом деякого часу відзначались поодинокі імпульси.

Крім описаних дослідів для визначення наявності больових рецепторів ми впорскували подразнюючі речовини в порожнину суглоба — гарячий розчин Рінгера (+56°), скипидар і 20%-ний розчин HCl. Всі ці подразники впорскували в невеликих дозах (0,3 мл) для того, щоб запобігти розтягненню капсули. Встановлено, що в капсулу можна ввести до 4 мл рідини. Отже, впорскування рідини не розтягувало капсули, а відповідно до своїх якісних особливостей мало характер подразника. Подразнююча дія уколу і проколу капсули не виявилась, бо впорску-

вання здійснювалось через голку, введену за кілька хвилин перед цим і імпульсація в нерві на подразнення цього виду вже припинилась. Всі подразники, введені в капсулу, викликали досить інтенсивну імпульсацію в нерві. Особливо виразна реакція спостерігалась у задньому нерві при впорскуванні гарячого розчину Рінгера (рис. 7, б). Тут так само, як і при застосуванні інших ноцицептивних подразників, імпульси в 18—24 мкв виникали з великою частотою — до 60 гц. У цих випадках ми також спостерігали імпульси всіх видів, які завжди рееструються при подразненні капсули, але частота їх була вищою, особливо для імпульсів у 18—24 мкв.

Обговорення результатів досліджень

Наше дослідження показало, що вся поверхня капсули, за винятком ділянки злиття сухожилля чотириголового м'яза з капсулою, чутлива до тактильного подразнення. Бойд і Роберт спостерігали відповідь на тиск лише в обмеженій ділянці, що пояснюється, можливо, тим, що ці автори спеціально не вивчали цього питання.

В наших дослідженнях відповідна реакція на тактильне подразнення була різкіше виражена при більшому розтягуванні капсули. Ця сигналізація має велике значення в природних умовах діяльності організму. Скорочення м'язів, прикріплених до капсули, викликає різний ступінь її натягнення і, залежно від місця застосування і сили дії м'яза, в центральну нервову систему надходить сигналізація від рецепторів капсули. При різних рухах суглоба, як показали дослідження Скоглунда, Бойда і Роберта, в центральну нервову систему надходить складна сигналізація від аферентних волокон капсули суглоба.

Серед імпульсів, виявлених при тактильних подразненнях, ми звернули увагу на ті імпульси в 36—42 мкв, які характеризуються швидкою адаптацією і виникають при подразненні певної ділянки капсули. При гістологічному дослідженні цієї ділянки було виявлено капсуляризоване нервово закінчення типу Пачині, яке, на нашу думку, давало імпульси великої амплітуди.

Грей і Метьюз, характеризуючи імпульсацію пачинієвих тілець, закладених у сухожил'я лапи кішки, відзначили велику амплітуду цих потенціалів і швидку адаптацію, типову для описаних нами імпульсів.

Наші дослідження показали, що при подразненнях усіх видів виникає різноманітна імпульсація, але при ноцицептивних подразненнях вона найбільш активна. Специфічних імпульсів, властивих лише відповідям на ноцицептивні подразнення, ми не виявили. Проте, чітко виявилось особливо значне збільшення частоти імпульсів у 18—24 мкв. Якому виду рецепторів властива ця імпульсація, важко сказати, бо на поверхні капсули є різноманітні нервові закінчення.

Деякі автори (Воллард, Фейндель та інші) вважають, що вільні нервові закінчення є больовими рецепторами; вони закінчуються в тканині і поширюють свою дію на дрібні судини, які і самі вважаються джерелом больових відчуттів (Воллард). У капсулі колінного суглоба розташована велика кількість вільних нервових закінчень. Особливо багато їх у задній частині капсули, де вони тісно прилягають до судин.

Усі застосовані нами ноцицептивні подразнення викликали короткочасну імпульсацію, яка припинилась відразу після усунення подразника. Отже, можна зробити висновок, що тривале відчуття болю, яке виникає при таких подразненнях, залежить не від безпосереднього подразнювального впливу імпульсів на таламус і коркові центри, а від

тривалого зберігання сліп'ячих нервів. Перечні докази того, що були для кішки больові нервові стовбурів, до суглоба, не перерізали, при нервової реакція, а дихання стосованні тактильних подразнень реакція ніколи не відбувається реакцій при силі капсули.

Одержані нами дані про структуру рецепторів капсули при подразненнях.

1. Капсула колінного суглоба. Нервові волокна. Нервові волокна кушовидної і дрібної нервовими утвореннями: пачинієвими волокнами. Нервові закінчення типу Руфіні.
2. У відповідь на механічне подразнення капсули в нерві виникають імпульси.

3. Тактильне подразнення різноманітної амплітуди збільшується частота імпульсів, які характеризуються імпульсами.

4. При сильних деформаціях (36—42 мкв), які спостерігаються, швидко адаптуються.

5. Більша частота імпульсів при подразненнях, спостерігається при всіх подразненнях частоти при всіх подразненнях 24 мкв. Вся імпульсація збільшується при подразненні.

Астахова А. Т., Труды Кр. Букин Ю. В., Тезисы док. Емець Г. Л., Сб. реф. Укр. с. 179.

Мажуга П. М., Доклады А. Boyd A. a. Roberts T., Feindel W., Wedell G., Gardner E., Physiol. Rev., Gardner E., Anat. Rec., 83, Gardner E. a. Jacobis Gray J. a. Matthews P., Hromada G., Acta chir. orth. Polacek P.; Acta chir; orth. Samuel S. J. Anat., 83, 1949, Scoglund S., Acta physiol. Wollard H., Wedell G., H.

тривалого зберігання слідів подразнення в цих центрах. Ми мали незаперечні докази того, що застосовані нами ноцицептивні подразнення були для кішки больовими. Саме в тих випадках, коли один з великих нервових стовбурів, до складу якого входить нерв, що іннервує капсулу, не перерізали, при ноцицептивних подразненнях у кішки виникала рухова реакція, а дихання ставало більш частим і глибоким. При застосуванні тактильних подразнень різноманітної інтенсивності подібна реакція ніколи не відбувалась. Гарднер і Джакобіс описали ряд вегетативних реакцій при сильному електричному подразненні нервів колінної капсули.

Одержані нами дані доповнюють сучасні знання про морфологічну структуру рецепторів капсули та їх аферентну імпульсацію при різних подразненнях.

Висновки

1. Капсула колінного суглоба має численні мієлінові та безм'якушеві нервові волокна. Нервові волокна, входячи в капсулу, мають розгалуження кущовидної і деревовидної форми, які закінчуються різними нервовими утвореннями: петельками, гудзиками і вільними тонкими безм'якушевыми волокнами. В обмеженій кількості виявлені складні нервові закінчення типу Руфіні і пачинієвих тілець.

2. У відповідь на механічні, термічні і ноцицептивні подразнення капсули в нерві виникають розряди різних за своїм характером і тривалістю імпульсів.

3. Тактильне подразнення капсули викликає в нерві потік імпульсів різноманітної амплітуди і частоти. При підвищенні сили подразнення збільшується частота імпульсів. При цьому найбільшою частотою характеризуються імпульси в 10—12 мкс.

4. При сильних деформаціях капсули виникають високовольтні імпульси (36—42 мкс), які стосуються капсульованих тілець типу Пачині і швидко адаптуються.

5. Більша частота імпульсів, значно вища, ніж при тактильних подразненнях, спостерігається при ноцицептивних подразненнях. Найбільшої частоти при всіх подразненнях цього типу досягали імпульси у 18—24 мкс. Вся імпульсація здійснювалась лише під час дії ноцицептивного подразника.

ЛІТЕРАТУРА

- Астахова А. Т., Труды Красноярск. мед. ин-та, № 3, 1958, с. 54.
 Букин Ю. В., Тезисы докл. на VI Всес. съезде анат., гистол., эмбр., 1958.
 Емец Г. Л., Сб. реф. Укр. научно-исслед. ин-та ортоп. и травматол., Киев, 1957, с. 179.
 Мажуга П. М., Доклады АН СССР, № 6, 1956, с. 903.
 Boyd A. a. Roberts T., J. Physiol. 122, 1953, p. 38.
 Feindel W., Wedell G., Singlair D., J. N. Neurosurg., II, 1948, p. 113.
 Gardner E., Physiol. Rev., 30, 1950, p. 127.
 Gardner E., Anat. Rec., 83, 1942, p. 401.
 Gardner E. a. Jacobis J., Amer. J. of Physiol., 153, 1948, p. 567.
 Gray J. a. Matthews P., J. Physiol., 113, 1951, p. 175.
 Hromada G., Acta chir. orthop. et traumat. echosl., 23, 1956, p. 277.
 Polaček P.; Acta chir. orthop. et traumat. echosl., 23, 1956, p. 286.
 Samuel S. J. Anat., 83, 1949, p. 80.
 Scoglund S., Acta physiol. Scand., 36, Suppl. N. 124, 1956.
 Wollard H., Wedell G., Harpman J., J. Anat., 74, 1940, p. 713.

Надійшла до редакції
4.III 1960 р.

Электрофизиологическая и гистоморфологическая характеристика рецепторов сустава

С. И. Фудель-Осипова, Г. Л. Емец, А. В. Буриченко

Лаборатория физиологии и патоморфологии Института ортопедии и травматологии

Резюме

Работ, которые освещали бы вопрос о видах рецепторов, заложенных в суставной капсуле, и их связи с определенным видом афферентной импульсации, мы не нашли. Знание же характера и вида рецепторного аппарата капсулы сустава имеет важное значение для суждения о координации движений.

Мы поставили перед собой задачу определить тип и характер рецепции капсулы и, по возможности, увязать физиологические представления с гистоморфологическими. Для решения поставленного вопроса мы избрали коленный сустав кошки, который очень близок по своей структуре и кровоснабжению к коленному суставу человека.

У кошек под гексеналовым наркозом вскрывали капсулу коленного сустава и отпрепарировали подходящие к ней нервы: задний суставной либо медиальный суставной. При этом перерезали все крупные нервные стволы бедра, а также сухожилия прикрепляющихся к коленному суставу мышц; таким образом, сустав оказывался изолированным от постоянных влияний.

Для выяснения наличия различного рода рецепторов в капсуле мы применяли тактильные и ноцицептивные раздражители. Афферентные импульсы, возникающие при этих раздражениях, регистрировались путем отведения электропотенциалов нерва через усилитель постоянного тока к катодному осциллографу. На втором луче осциллографа записывалась отметка времени (0,02 сек.); фотографирование производилось на движущейся пленке. Опыты были поставлены на 30 кошках, различного рода эксперименты зафиксированы на 707 фотоснимках.

По окончании опыта капсула поступала в гистологическую лабораторию. Препараты серебрили по способу Бильшовского — Гросс — Лангреньева и по Рамон Кахалю в модификации де-Кастро.

В капсуле обнаружено большое количество миелиновых и амиелиновых нервных волокон, заканчивающихся разнообразными неинкапсулированными и иногда инкапсулированными нервными окончаниями.

При тактильных раздражениях капсулы в нерве возникали импульсы различной величины и частоты. Вся поверхность капсулы отвечает на тактильное раздражение, за исключением области прикрепления сухожилия четырехглавой мышцы. Различен был ответ в разных участках капсулы на давление различной силы, но закономерность была общей: чем сильнее давление при прочих равных условиях, тем большее количество импульсов возникало при этом и тем разнообразнее они были по своему характеру. Наибольшей частотой при всех тактильных раздражениях обладали импульсы амплитудой в 10—12 мкв. В некоторых местах капсулы при сильном давлении появлялись быстро адаптирующиеся импульсы в 36—42 мкв, которые, как показало гистологическое исследование, принадлежали рецепторам типа пачиниевых телец.

При ноцицептивных раздражениях (механических, химических, термических) капсулы в нерве возникали разряды импульсов, величина и продолжительность которых зависели от качества раздражителя. Во всех случаях частота импульсов при ноцицептивных раздражениях была

выше, чем при тактильных раздражениях. Характерным явлением было появление импульсов в 18—24 мкв, которые появлялись с определенной частотой. Для ноцицептивных раздражений импульсация имела место лишь в момент раздражения.

Electrophysiological and Histological Study of the Joint

S. I. Fudel-Osipova

Laboratory of Physiology and

The surface of the cat knee joint was investigated histologically. The surface of the cat knee joint was investigated histologically. The surface of the cat knee joint was investigated histologically.

Impulses varying in frequency and amplitude were recorded from the posterior or medial joint capsule were investigated histologically. Impulses varying in frequency and amplitude were recorded from the posterior or medial joint capsule were investigated histologically.

With nociceptive stimulation, impulses are of higher frequency and amplitude. Under these conditions the afferent responses to ring stimulation, and vanishing.

The afferent responses to ring stimulation, and vanishing.

выше, чем при тактильных раздражениях. Для ноцицептивных разрядов характерным являлось наибольшее учащение импульсов амплитудой в 18—24 мкв, которые достигали 160 гц, в то время как максимальная частота этих импульсов при давлении не превышала 60 гц.

Для ноцицептивных раздражений всех видов характерно наличие импульсации лишь в момент раздражения и исчезновение ее при прекращении раздражения.

Electrophysiological and Histological Characteristics of the Joint Capsule Receptors

S. I. Fudel-Osipova, G. L. Emets and A. V. Burichenko

Laboratory of Physiology and Pathomorphology of the Kiev Institute of Orthopedics and Traumatology

Summary

The surface of the cat knee joint capsule was stimulated by various pressure nociceptive agents, and the response of the receptor was studied from oscillographically recorded potentials of afferent impulses in the posterior or medial joint nerves. The forms of the receptors in the capsule were investigated histologically.

Impulses varying in intensity and frequency are produced by pressure. Other conditions being equal, the higher the pressure, the greater the number of impulses and their variability. Impulses of 10—12 μ v possess the highest frequency. Potentials of 36—42 μ v appeared with high pressure, and histological examination showed that they were produced by Pacinian corpuscles.

With nociceptive stimulation (mechanical, chemical, thermal) the impulses are of higher frequency than in the case of tactile stimulation. Under these conditions the 18—24 μ v impulses have the highest frequency.

The afferent responses to nociceptive stimulation appeared only during stimulation, and vanished when it ceased.