Міністерство освіти і науки України

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту

імені академіка В. Лазаряна

**ЕФЕКТИ ВИХРОВИХ ІМПУЛЬСНИХ МАГНІТНИХ ПОЛІВ НА ВИЩІ ЦЕНТРИ ВЕГЕТАТИВНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ**

1. ТУРИЦЬКА Тетяна Григорівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології людини і тварин Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара

2. СИДОРЕНКО Ганна Григорівна - кандидат біологічних наук, доцент кафедри безпека життєдіяльності Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

**Реферат**

**Дніпропетровськ – 2014**

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Досвід багатолітніх спостережень вказує на те, що магнітні поля можуть мати потенційну загрозу для здоров’я [Nakagava, 1997; Juutilainen et al., 2000; Думанский и др., 2003], бути суттєвим кліматичним фактором [Мартинюк та ін., 2004, 2010; Аристархов, 2003; Степанюк, 2001; Prato, 2000] і, одночасно з цим, проявлятись як ефективний фактор профілактики та лікування багатьох вегетативних і соматичних порушень [Чуян, Джелдубаева, 2006; Чуян та ін., 2012; Гуляр, Лиманский, 2006, Choleris et al., 2002, Lyskov et al., 2005]. По мірі розуміння цього факту задача дослідження механізмів біологічної дії магнітних полів стає все більш актуальною. Вважають, що зі всього різноманіття природних та штучних магнітних полів найбільш біологічно активними є імпульсні поля [Пестряев В.А., 2003], а серед них – вихрові магнітні поля, які завдяки обертаючій компоненті відповідають у фізичному моделюванні трьохмірним структурам, що підвищує їх вплив на біооб'єкти.

У низькочастотному діапазоні магнітне поле практично без будь-яких перешкод проникає у живу тканину [Бинги, 2003] і викликає функціональні зміни багатьох фізіологічних процесів [Темурьянц и др., 2007, 2012, Radzievsky et al., 2008; Lednev et al., 2004]. Зазначається, що ефекти в магнітобіологічних дослідах важко відтворити, тобто відповідь біологічної системи на магнітний сигнал з однаковими фізичними характеристиками може бути різною. Передбачають, що розмір і направленість фізіологічних реакцій на дію магнітних полів може бути залежною від початкового стану біологічної системи, а також від анізотропії застосованого сигналу [Девицин и др., 2005]. Наприклад, є дослідження, які доводять, що вихрові магнітні поля різного напрямку обертання викликають зовсім різні біологічні ефекти [Хоменко, 2009; Кучугурний, 2003]. Тому розуміння механізмів цих явищ потребує подальших досліджень.

В основі здатності вищих організмів до тривалого існування у зовнішньому середовищі лежить система регуляції свого внутрішнього середовища. Її вищім інтегративним центром є гіпоталамус, який, до того ж, є однією з найбільш чутливих нервових структур до дії магнітного поля [Холодов, 1992; Темурьянц и др., 2007]. Різним відділам гіпоталамуса властива певна специфіка нервових зв’язків та гормонально- медіаторних механізмів [Berridge, 1993]. Активність передньої гіпоталамічної зони зазвичай пов’язана з активністю парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи, а задньої гіпоталамічної зони – з симпатичною активністю [Ноздрачев, 1999; Лукашов та ін., 2011]. Здається цілком імовірним, що фізіологічна відповідь різних функціональних зон гіпоталамуса на дію магнітного поля теж буде різною. Вирішити питання, пов’язані з вивченням роботи глибинної структури мозку, дозволяє відведення її електричної активності [Зима та ін., 2005, 2008; Воробьева, 2007, 2011; Ляшенко та ін., 2012], яка може бути основним і часто єдиним індикатором протікання центральних нервових процесів. Виявлення залежності формування електричної активності гіпоталамічних структур від магнітного впливу допоможе розкрити деякі системні механізми біологічної дії магнітного поля. Подібні дослідження є необхідними і з точки зору як широкого використання магнітних сигналів в медичній практиці, так і гігієнічного нормування.

**Мета дослідження.** Мета роботи – з’ясування ефектів впливу вихрового імпульсного магнітного поля (МП) і часу його дії на біоелектричну активність трофо- та ерготрофної зон гіпоталамуса щурів та вегетативні показники організму щурів за фізіологічних умов та умов довготривалого стресу.

**Методи дослідження.** З метою визначення можливих механізмів модуляції електричної активності гіпоталамуса при впливі вихрового імпульсного МП за фізіологічних умов та на фоні розвитку стресової зооконфліктної ситуації ми застосували метод відведення біопотенціалів у гострому експерименті. Розподіл електрогіпоталамограми (ЕГтГ) на частотні компоненти здійснювали методом цифрового перетворення Фур’є. Дані рухової, дослідницької і вегетативної діяльності щурів за умов експерименту були отримані за методом «відкритого поля». Метод відведення електрокардіограми тварин використовувався для одержання даних варіативності серцевого ритму. Дані вмісту кортикостерону у сироватці крові лабораторних тварин отримували методом твердофазового імуноферментного аналізу. За допомогою методів математичної статистики розраховували: коефіцієнт кореляції та його вірогідність, показники середньої арифметичної та помилку середньої.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Вперше одержані дані про вплив вихрового імпульсного МП різного напрямку обертання на формування фонової електричної активності гіпоталамуса щурів. Показано, що при впливі МП на ЕГтГ щурів спостерігається фазова динаміка, яка по амплітуді і циклічності відповідає динаміці параметрів електричної активності гіпоталамуса під час розвитку стрес-реакції. Наявність стресового навантаження у організмі щурів під впливом МП доведена аналізом вмісту кортикостерону у сироватці крові піддослідних тварин. Встановлено підсилення синхронізуючих ритмоутворюючих систем мозку при впливі МП, яке проявляється у підвищенні потужності хвиль середніх (тета- і альфа-подібних) частот, більш виражене в електричній активності трофотрофної зони гіпоталамуса щурів. Активація трофотрофних реакцій під впливом МП доведена дослідженнями вегетативних реакцій організму щурів у тесті «відкрите поле» і за даними варіативності серцевого ритму. Вперше встановлено залежність між показниками потужності компонентів ЕГтГ щурів, які жили за умов стресу, та часу дії МП. Виявлене істотне підвищення потужності усіх частотних діапазонів ЕГтГ ерготрофної і трофотрофної зон гіпоталамуса щурів під комбінованим впливом стресу і МП з правим та лівим напрямком обертання. Доведено, що довготривале використання правонаправленого і лівонаправленого вихрових імпульсних МП за умов стресу веде до різнонаправлених змін ЕГтГ щурів.

**Практичне та теоретичне значення отриманих результатів.** Отримані результати поглиблюють сучасні уявлення про вплив магнітного випромінювання на живий організм та є черговою ланкою на шляху розкриття механізмів трансформації магнітного сигналу у біологічну відповідь організму. Виявлені зміни електричної активності гіпоталамуса щурів під впливом вихрового імпульсного МП є теоретичним обґрунтуванням системних фізіологічних механізмів дії зазначеного фактору. Отримані нами дані про те, що на фоні розвитку стресової ситуації при дії МП обох напрямків спостерігалось зменшення в ЕГтГ щурів представленості тета-ритму можуть свідчити про активацію стрес-лімітуючої системи і бути корисними при застосуванні магнітного впливу для корегування та запобігання розвитку стресових станів. Результати роботи можуть відображати певні універсальні закономірності дії слабких фізичних агентів на живі організми. Також отримані дані про суттєве пригнічення потужності компонентів ЕГтГ при довготривалому (більш 9 тижнів) комбінованому впливі лівонаправленого магнітного поля і стресу можуть бути враховані при розробці норм гігієнічного нормування магнітного впливу та бути цікавими для фахівців у галузі магнітобіології. Результати можуть бути використані в учбовому процесі: у курсі фізіології людини і тварин, а також у спецкурсах фізіології центральної нервової системи, фізіології вищої нервової діяльності, нейрофізіології, екологічної фізіології.

**Публікації.** Загальна кількість наукових публікацій авторів складає 134. За науковою тематикою роботи опубліковано 62 роботи, з них 19 статей у виданнях затверджених ВАК, 5 статей у наукових виданнях інших країн, 37 тез доповідей, 1 патент України, 5 актів провадження, 1 договір про науково-технічне співробітництво.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Методика дослідження.** Всі експерименти були проведені відповідно з існуючими міжнародними вимогами і нормами гуманного відношення до тварин. Досліди були проведені на безпородних білих щурах-самцях, які були поділені на групи. У першу групу (n=35) ввійшли тварини, які перебували за фізіологічних умов. Друга група (n=33) представлена тваринами, яким створювали стресову ситуація шляхом обмеження життєвого простору до 80-100 см² на одну тварину [Ляшенко та ін., 2002]. Щури третьої групи (n=27) підпадали під дію вихрового імпульсного магнітного поля правого напрямку обертання. Тварини четвертої групи (n=28) також зазнавали впливу МП, але напрямок обертання МП був лівостороннім. Тварини п’ятої (n=24) та шостої груп (n=22) підпадали під комбіновану дію стресу і вихрового імпульсного МП правого та лівого напрямків обертання відповідно. Параметри вихрового імпульсного МП, яке генерувалось за допомогою апарата «Магнітер – 01» [Патент України № 99010224], становили: радіальна складова – 5-10 мТл, тангенціальна складова – 0,5-15 мТл, частота обертання – 80 Гц. Випромінююча частина апарату – магнітна голівка – встановлювалась над твариною, що була у коробці з магнітопрозорого матеріалу. Експозиція загального опромінювання тривала 15 хвилин щодобово в один і той же час.

Загальна тривалість експерименту складала 21 тиждень. Реєстрацію ЕГтГ проводили паралельно у тварин усіх груп через кожні три тижні впродовж усього періоду спостереження. Запис ЕГтГ передньої і задньої гіпоталамічної областей у щурів проводили з використанням стандартного електрофізіологічного устаткування. Після кожного експерименту проводили декапітацію тварин та ідентифікацію локалізації електродів на фронтальних зрізах головного мозку [Paxinos G., 1986; Zilles K., 1985]. Розподіл ЕГтГ на частотні компоненти здійснювали методом цифрового перетворення Фур’є. Аналізували потужність хвиль ЕГтГ у межах різних частотних діапазонів (мкВ²), а також спектральну композицію ЕГтГ (відсоток потужності хвиль певного діапазону щодо загальної потужності всіх коливань у запису, прийнятої за 100%). Додатково було досліджено вміст кортикостерону у сироватці піддослідних тварин, а також поведінкові та вегетативні реакції щурів у тесті «відкрите поле», варіативність серцевого ритму. Статистичну обробку результатів у тварин всіх груп проводили методами парних порівнянь, варіаційної статистики та кореляційного аналізу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

**Вплив стресу на біоелектричну активність гіпоталамуса щурів.** Реакції організму в процесі взаємодії з чинниками середовища мають різний перебіг залежно від сили чинника, який діє, часу впливу й адаптаційних можливостей організму. При дії значного подразника процеси саморегуляції виводять організм на новий функціональний рівень, врівноважуючи таким шляхом гомеостаз та взаємодію організму з навколишнім середовищем, що відображується на всіх функціях організму, зокрема і на біоелектричній активності мозкових структур. За час нашого дослідження параметри біоелектричної активності гіпоталамуса щурів, які перебували за фізіологічних умов, періодично змінювались у певних межах, що, на нашу думку, пов’язано з загальною циклічністю фізіологічних процесів. За умов стресу коливання зазначених параметрів були більш вираженими, особливо на останніх етапах дослідження. У трофотрофній зоні гіпоталамуса тварин, які перебували за умов зооконфліктної ситуації, наприкінці експерименту спостерігалась тенденція до синхронізації електричних коливань, в той час як в ерготрофній, навпаки помітна десинхронізація (Рис. 1), що підтвердилось при аналізі потужності окремих частотних компонентів ЕГтГ. Дельта-активність була основним компонентом електричної активності гіпоталамічних структур. У тварин контрольної групи потужність хвиль цього діапазону складала 64 - 83 % від сумарної потужності ЕГтГ. Потужність тета-ритму в ЕГтГ тварин, що перебували за фізіологічних умов, коливалась в межах від 8 до 24 %, спектральна потужність альфа- і бета-подібної активності не перевищувала 9 % і 4 % відповідно.

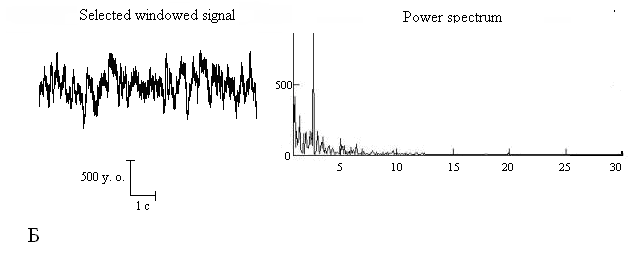
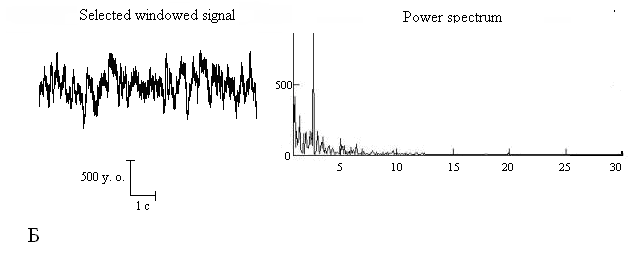
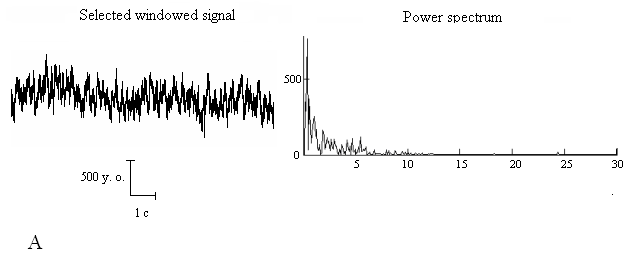
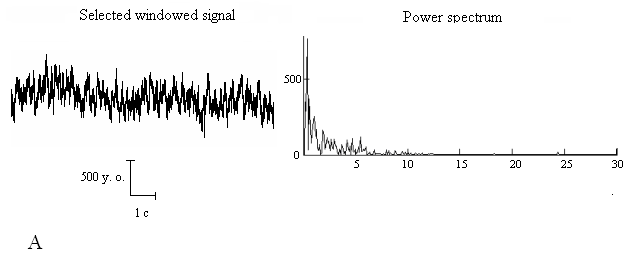
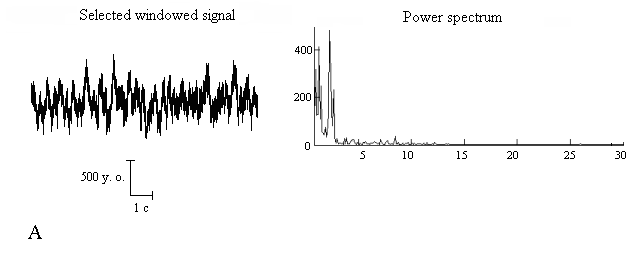
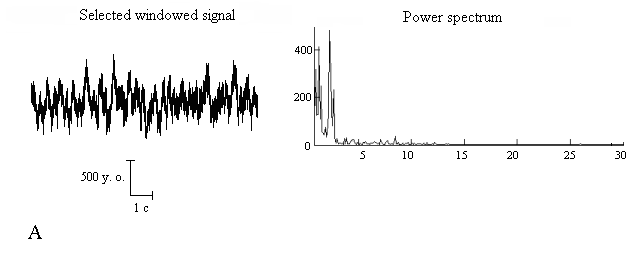
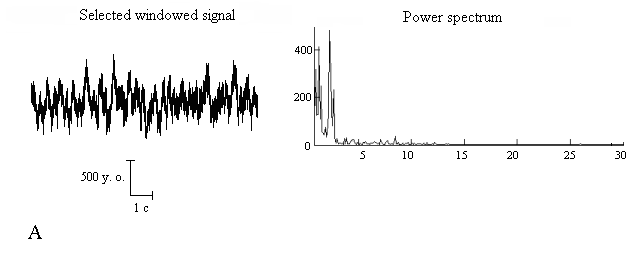
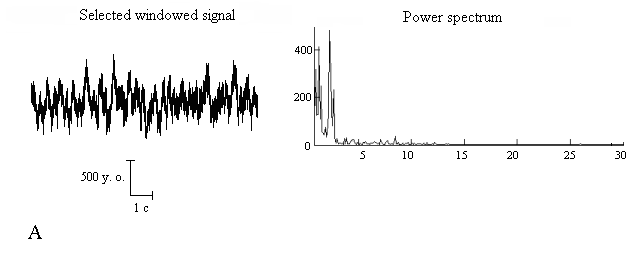
А Б

1 с.

100 мкВ

1 с.

100 мкВ



1.

2.

Рис. 1. Нативний запис сумарної біоелектричної активності трофотрофної (А) і ерготрофної (Б) зон гіпоталамуса щурів, контрольної групи (1) і щурів, які зазнавали впливу стресу (2) через 21 тиждень спостереження.

У щурів цієї групи протягом дослідження найбільш варіативними в ЕГтГ трофотрофної зони гіпоталамуса була абсолютна потужність хвиль дельта- і бета-активності. Динаміка абсолютних показників потужності дельта- і бета-компоненту електричної активності гіпоталамуса контрольних тварин була трифазною. Від мінімальної величини, що зареєстрована через 3 тижні експерименту, потужність даних показників через 9 тижнів зростала майже у три рази. Протягом наступного періоду (12 – 18 тижні) спостерігався період зменшення зазначених показників, а через 21 тиждень знов відбулось їх достовірне зростання більш ніж у 2 рази. Аналізовані показники тета- і альфа-активності у тварин контрольної групи в трофотрофній зоні гіпоталамусу залишались досить стабільними.

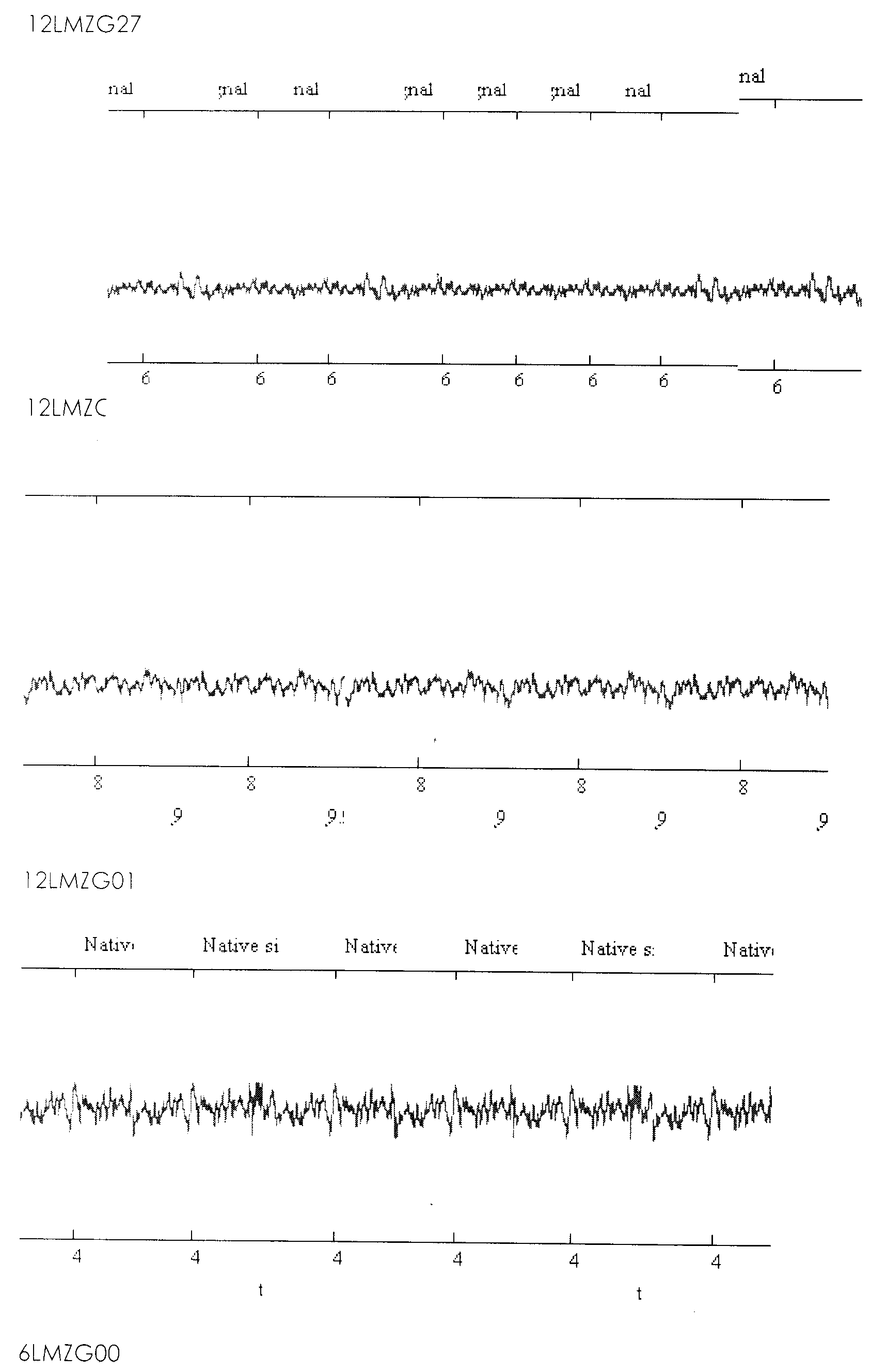
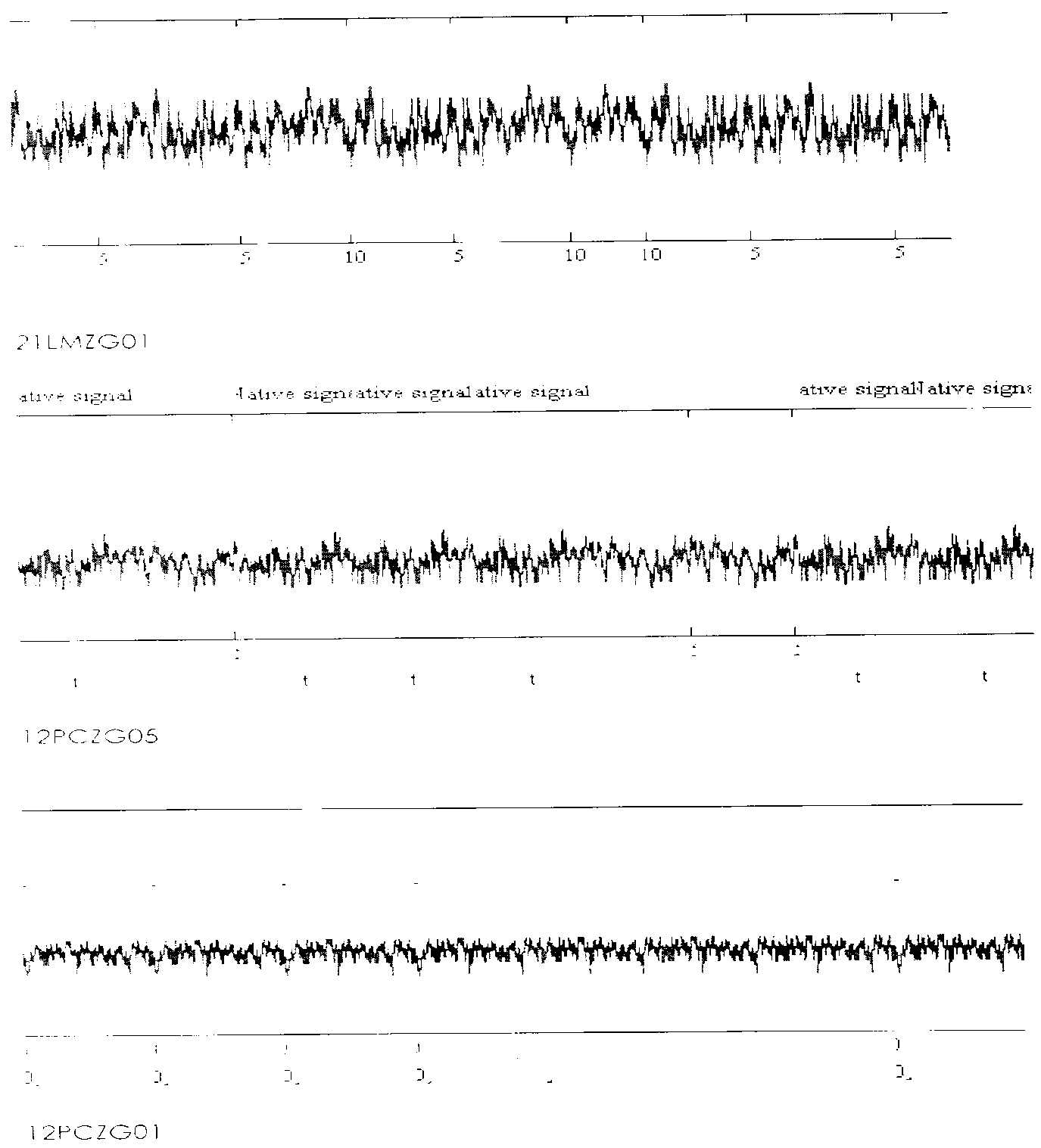
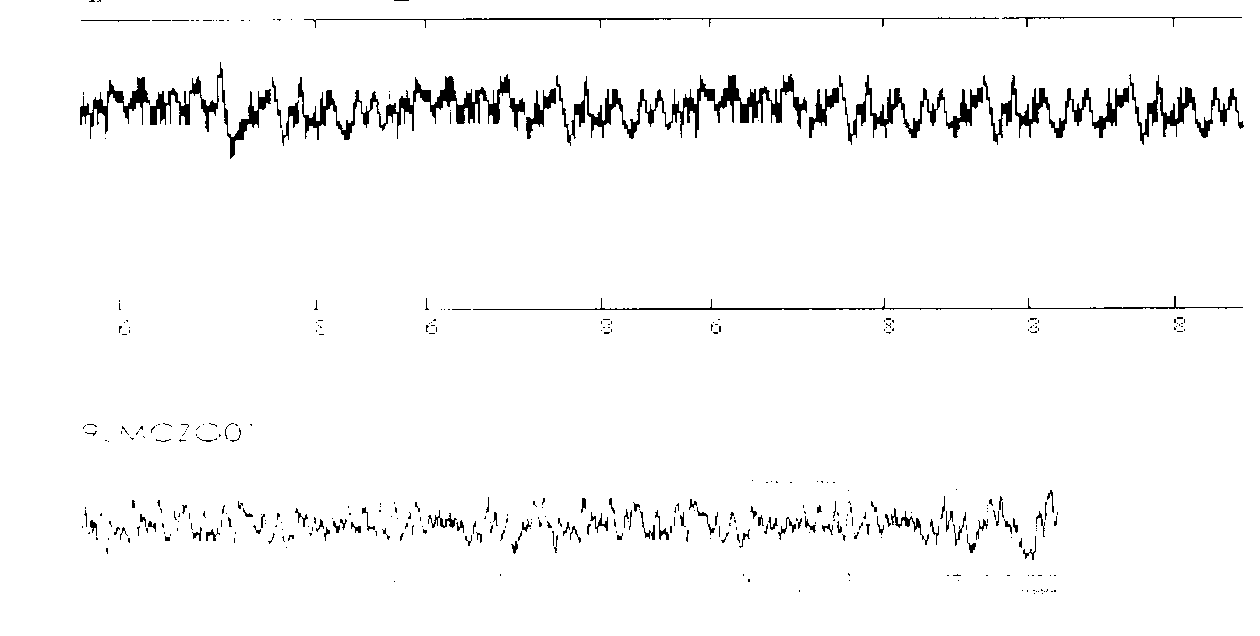
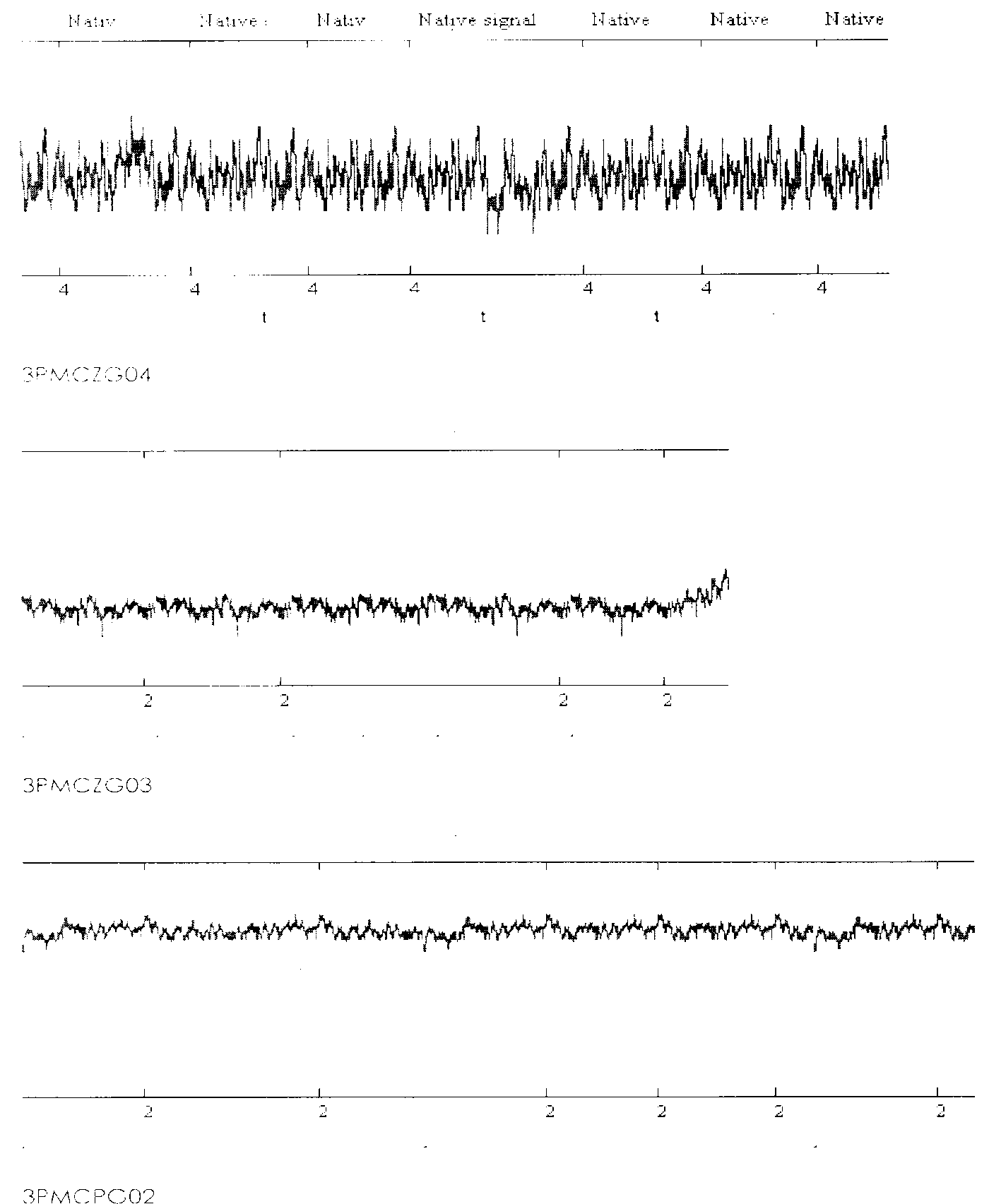
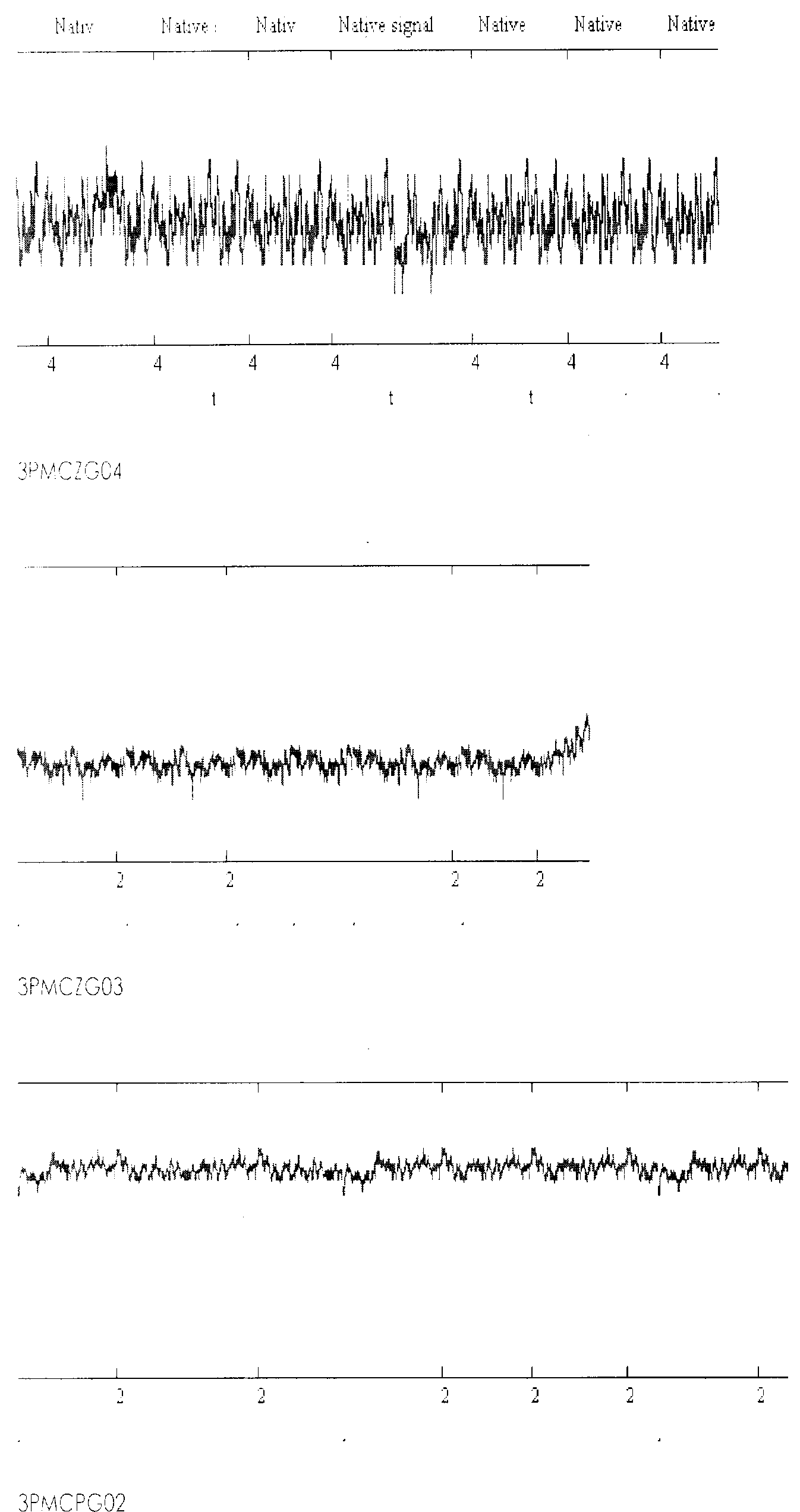
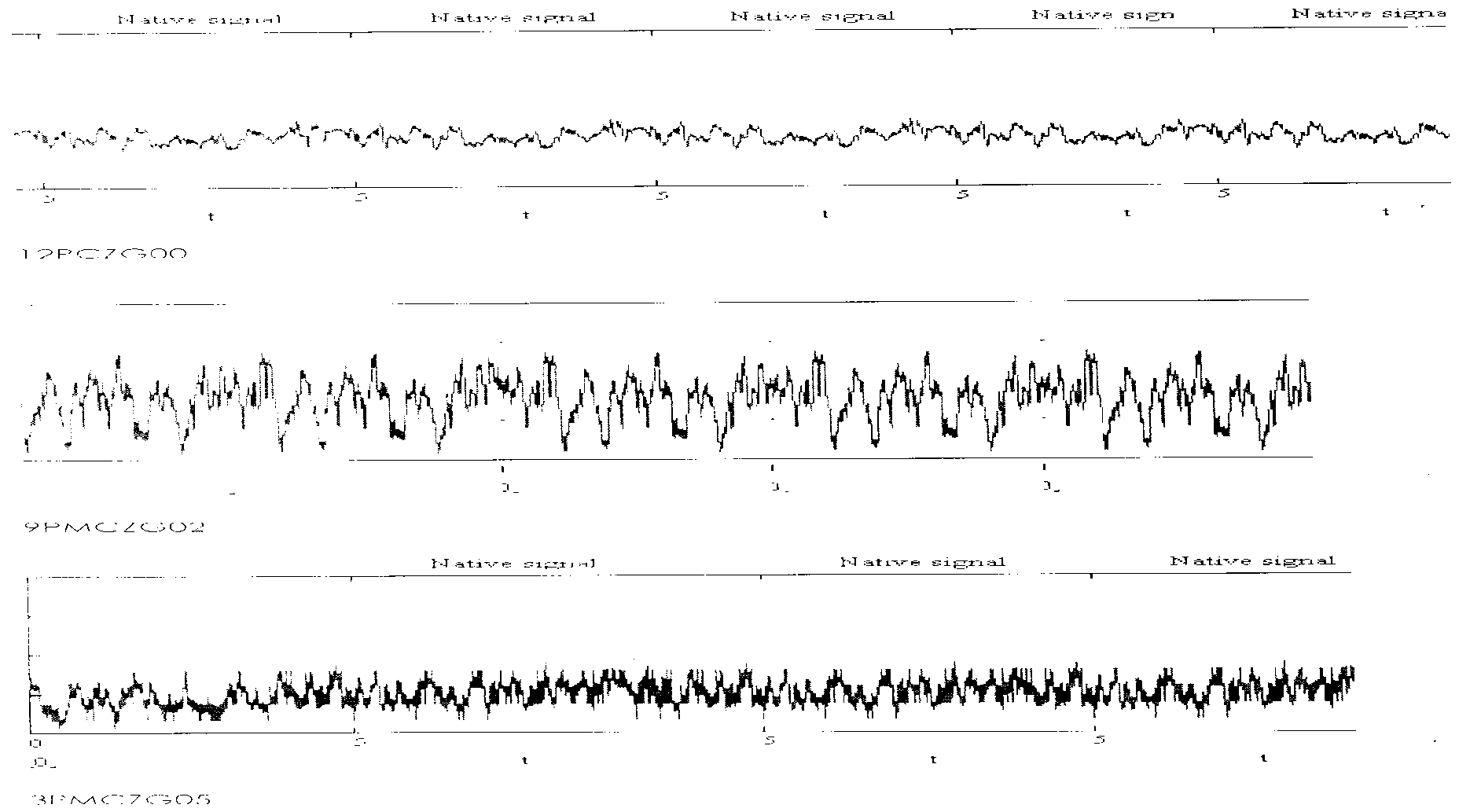
В електричній активності ерготрофної зони гіпоталамуса щурів контрольної групи зберігалась тенденція до формування трифазової ЕГтГ. Абсолютні показники потужності хвиль ЕГтГ були дещо меншими по відношенню до показників ЕГтГ трофотрофної зони, але при моделюванні стрес-стану в ЕГтГ ерготрофної зони гіпоталамуса щурів спостерігалась дещо більша інтенсивність варіацій аналізованих показників. На нашу думку це пов’язано з провідною роллю цієї зони в забезпеченні стрес-відповіді організму.

В порівнянні з показниками контрольних щурів, у щурів, що підлягали дії стресу, відсоток дельта-коливань в електричній активності передньої і задньої гіпоталамічних областей зменшувався. Спектральна потужність тета-ритму, навпаки, зростала і з часом перебігу експерименту збільшувалась, приблизно, у 2,5 рази (Р<0,05) в обох зонах гіпоталамуса. Зміни значень потужності компонентів ЕГтГ були значною мірою подібними (трифазними), і різниця між динамікою таких змін у тварин вказаних груп була скоріше кількісною, ніж якісною. Наростання потужності компонентів ЕГтГ з початку експерименту у стресованих тварин було значно стрімкішим, але меншим за тривалістю, а зменшення потужності через 12-18 тижнів – більш інтенсивним.

Результати комплексу спостережень, зроблених під час дослідження змін параметрів ЕГтГ щурів, що перебували за умов зооконфліктної ситуації можна певним чином корелювати з існуючими поглядами на загальну динаміку стрес-реакцій організму. В останній виділяють три фази: фазу тривоги, фазу адаптації та фазу виснаження, які послідовно переходять одна в другу [Пшенникова, 2000; Данилов, 2000; Ляшенко, 2005]. Нами було показано, що у щурів, які знаходились під впливом зооконфліктної ситуації, відбуваються зміни у гормональному фоні, зокрема вмісту кортикостерону, які відповідають формуванню фаз стресу [Ляшенко, Мельнікова, 2004; Никифорова, 2007]. В даному експерименті ми спостерігали три фази динаміки показників електричної активності гіпоталамуса стресованих щурів, які в часі відповідають фазам гормональних реакцій. Тому певна специфіка змін параметрів електричної активності відділів гіпоталамуса при впливі стресу могла бути пов’язана зі специфікою гормональних і медіаторних процесів цих структур мозку [Вейн, 1998] та обумовлена зривом синергізму у діяльності парасимпатичного та симпатичного відділів вегетативної нервової системи.

**Вплив вихрового імпульсного магнітного поля на біоелектричну активність гіпоталамуса щурів.** Відповідь біосистеми на дію МП залежить від параметрів застосованого магнітного сигналу. У нашому дослідженні показники ЕГтГ щурів, що були під впливом вихрового МП, суттєво залежали від зміни напрямку обертання поля. На запису ЕГтГ щурів, що зазнавали впливу МП протягом терміну дослідження, можна було побачити суттєву синхронізацію електричних коливань, найбільш виражену у трофотрофній зоні гіпоталамуса під впливом правонаправленого поля (Рис. 2).

А Б



1 с. **А**

100 мкВ

1 с.  **Б**

100 мкВ.

1.

3.

4.

Рис.2. Нативний запис сумарної біоелектричної активності трофотрофної (А) і ерготрофної (Б) зон гіпоталамуса щурів, контрольної групи (1), щурів, які зазнавали впливу правонаправленого МП (3) і щурів, що були під дією лівонаправленого МП (4) через 21 тиждень спостереження.

При аналізі спектральної композиції ЕГтГ щурів, що були під дією МП, звертає увагу факт збільшення протягом експерименту представництва хвиль середніх частот (тета-діапазону на 21-29 %, альфа-діапазону на 2-8%). Між динамікою показників потужності тета-ритму ЕГтГ тварин, які підлягали дії МП і щурів, що знаходились за умов зооконфліктної ситуації існувала висока ступінь кореляції (r = 0,84-0,87, Р<0,02).

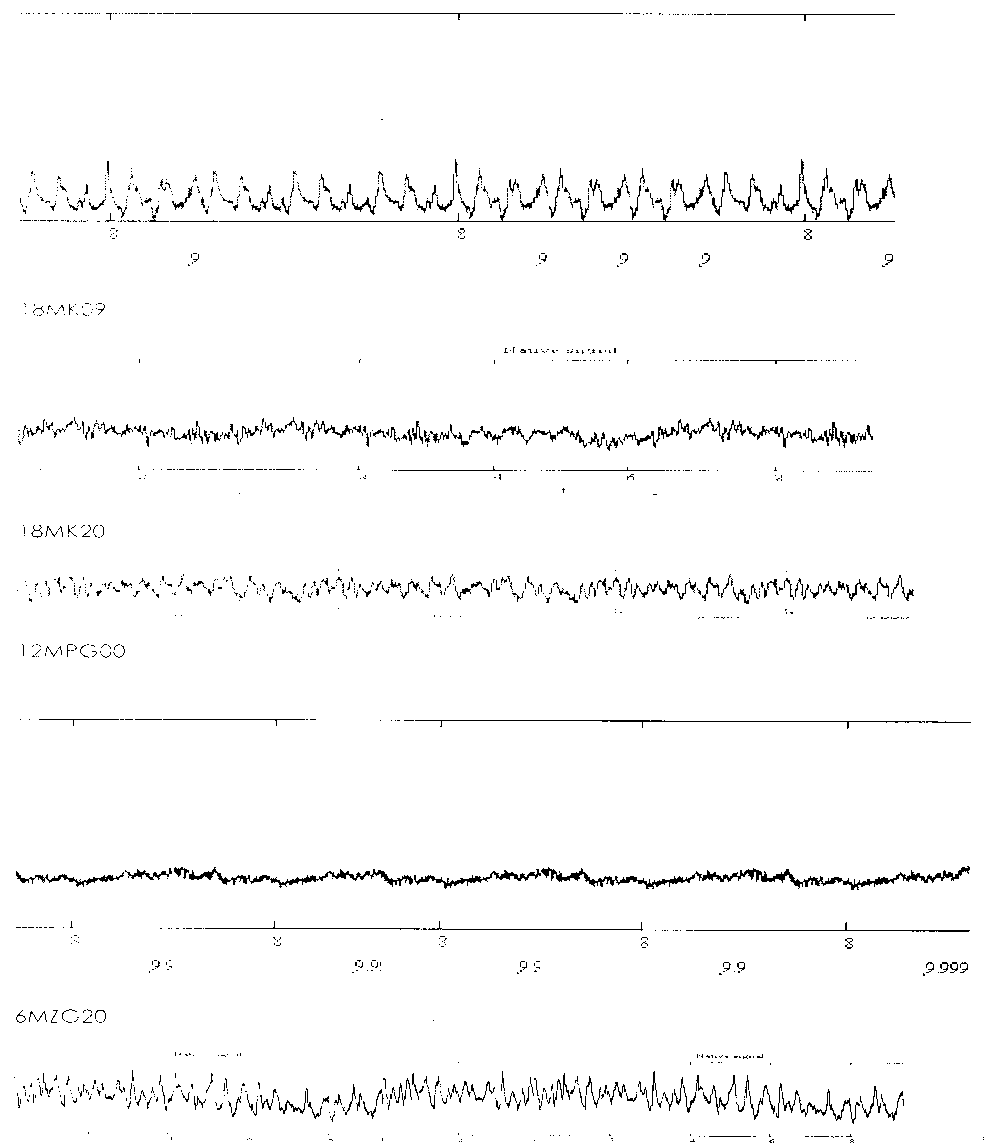
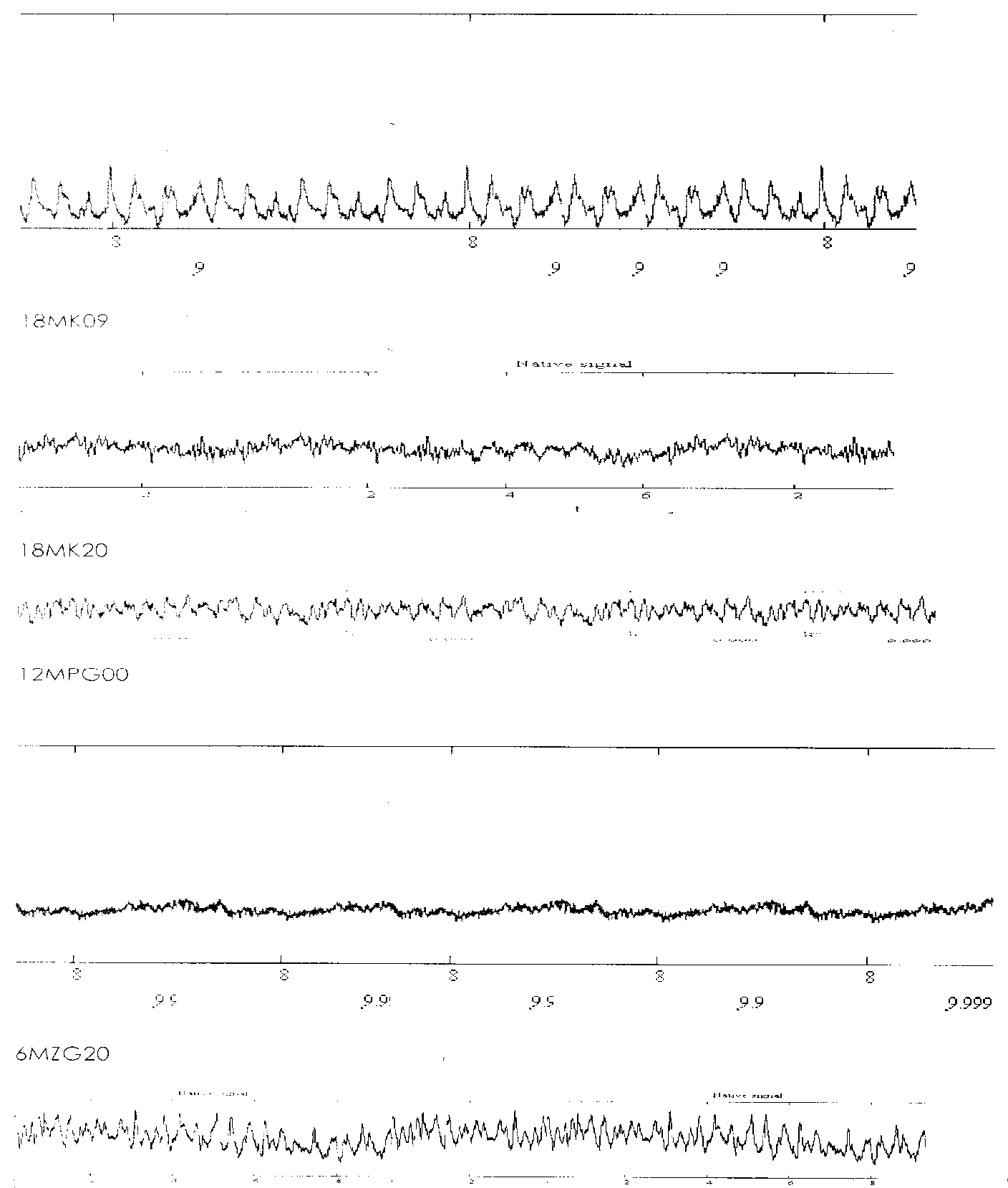
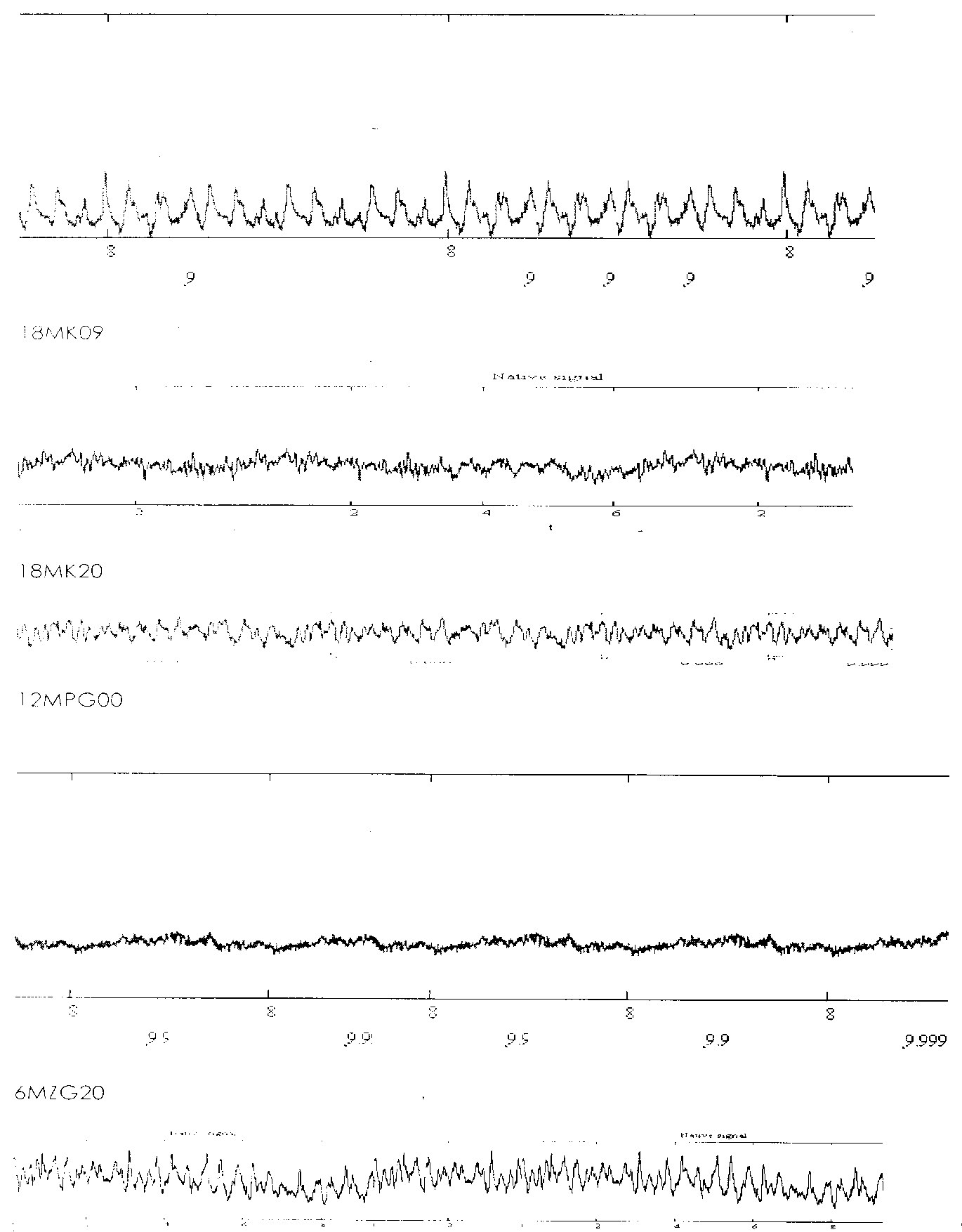
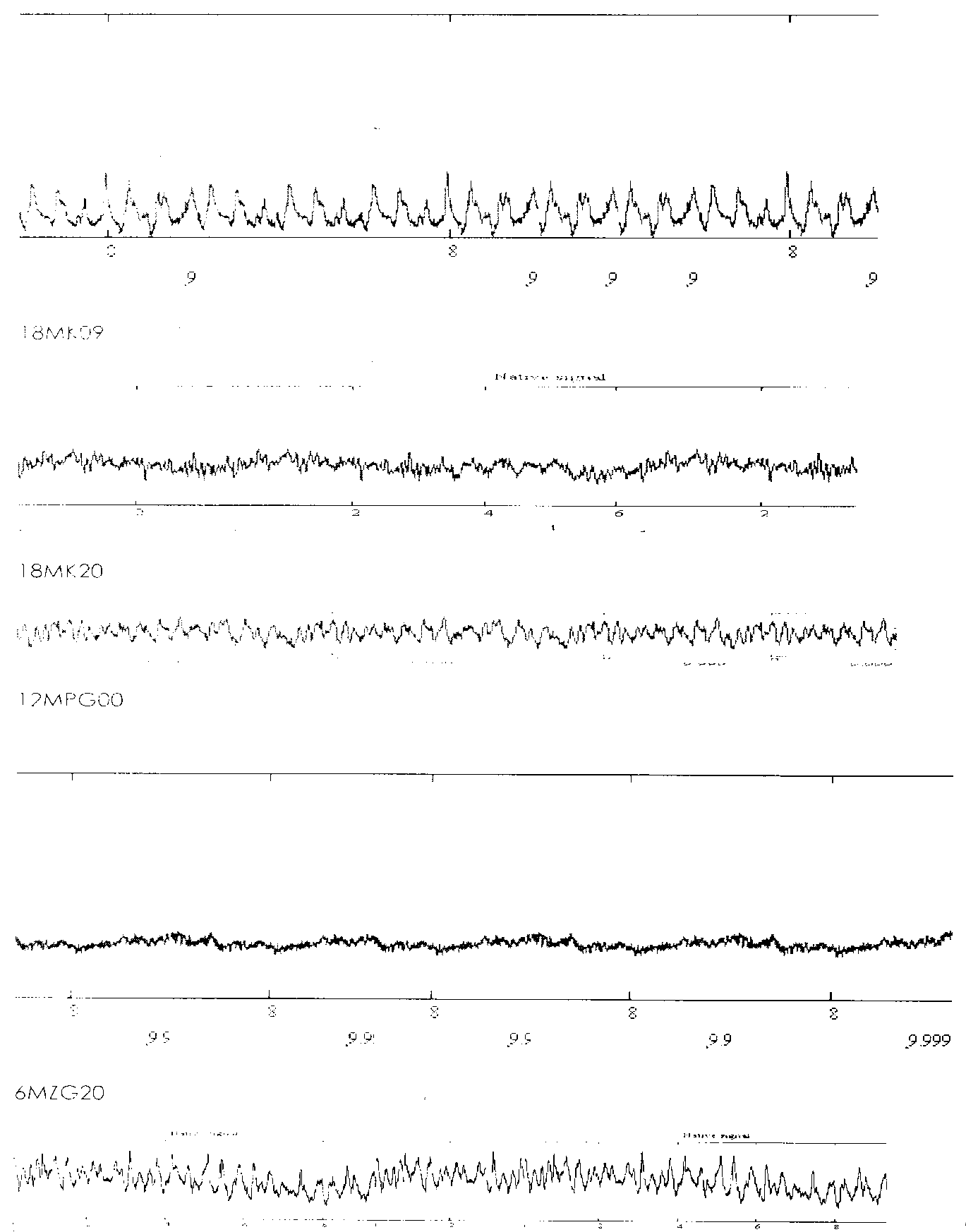
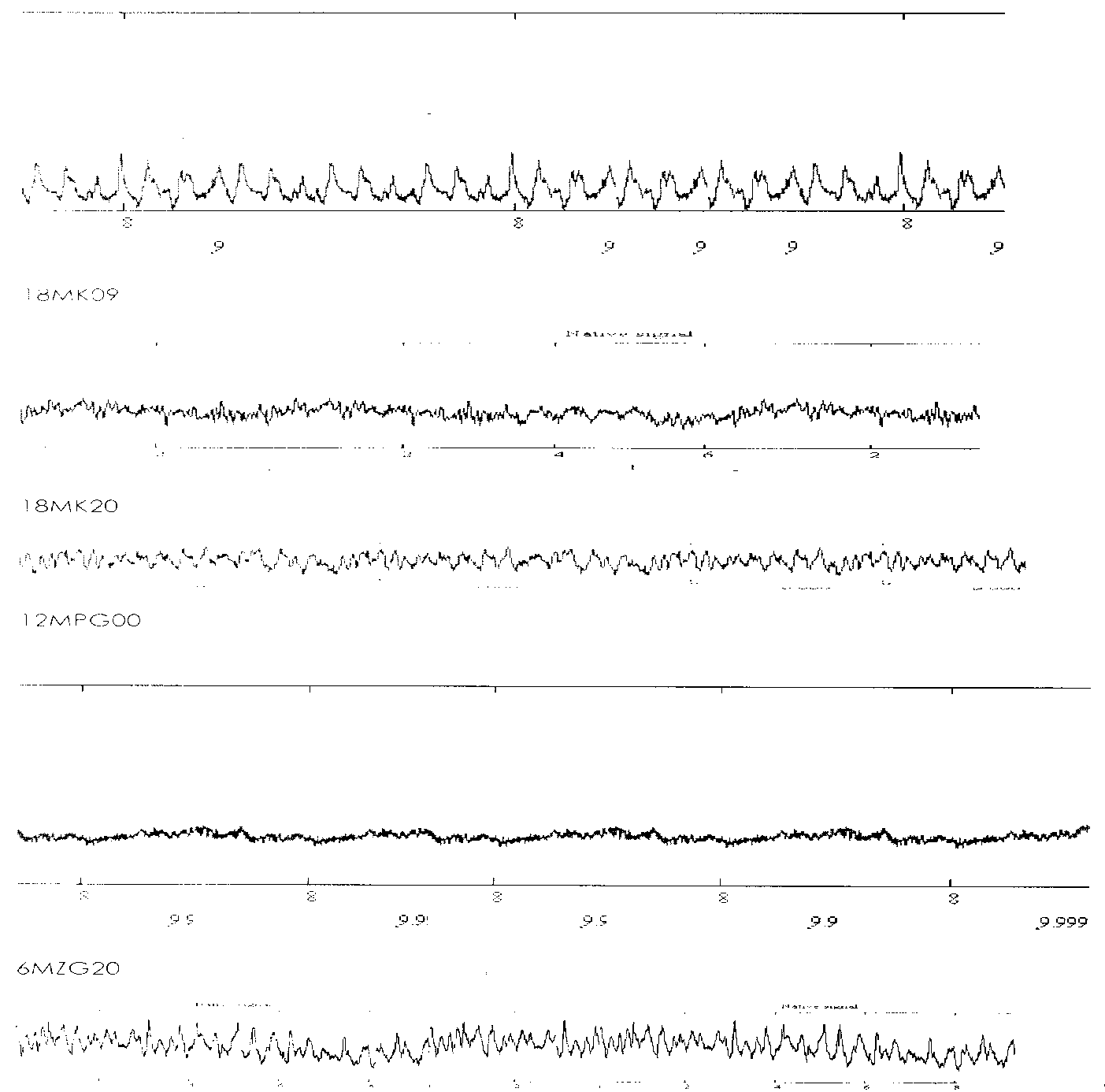
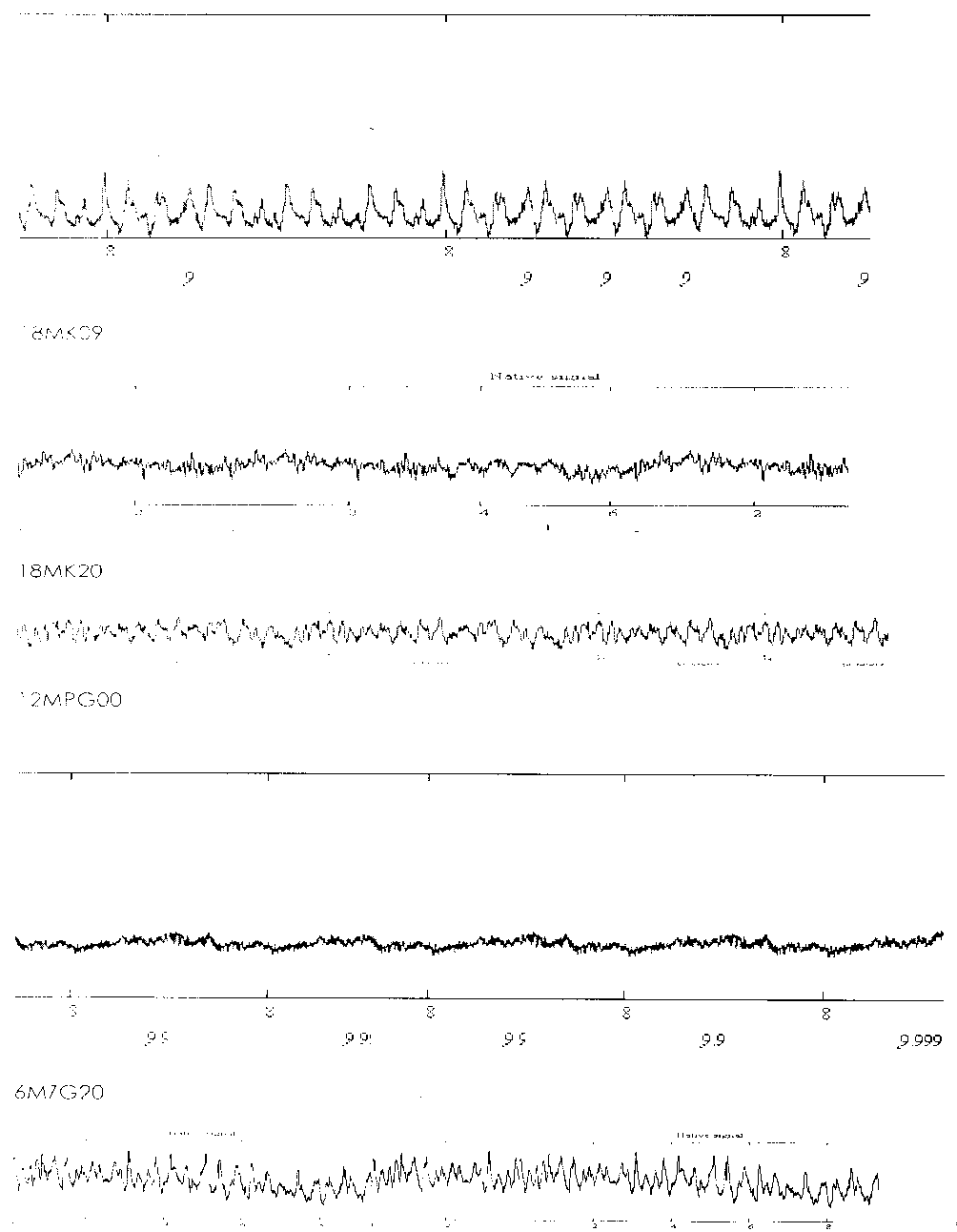
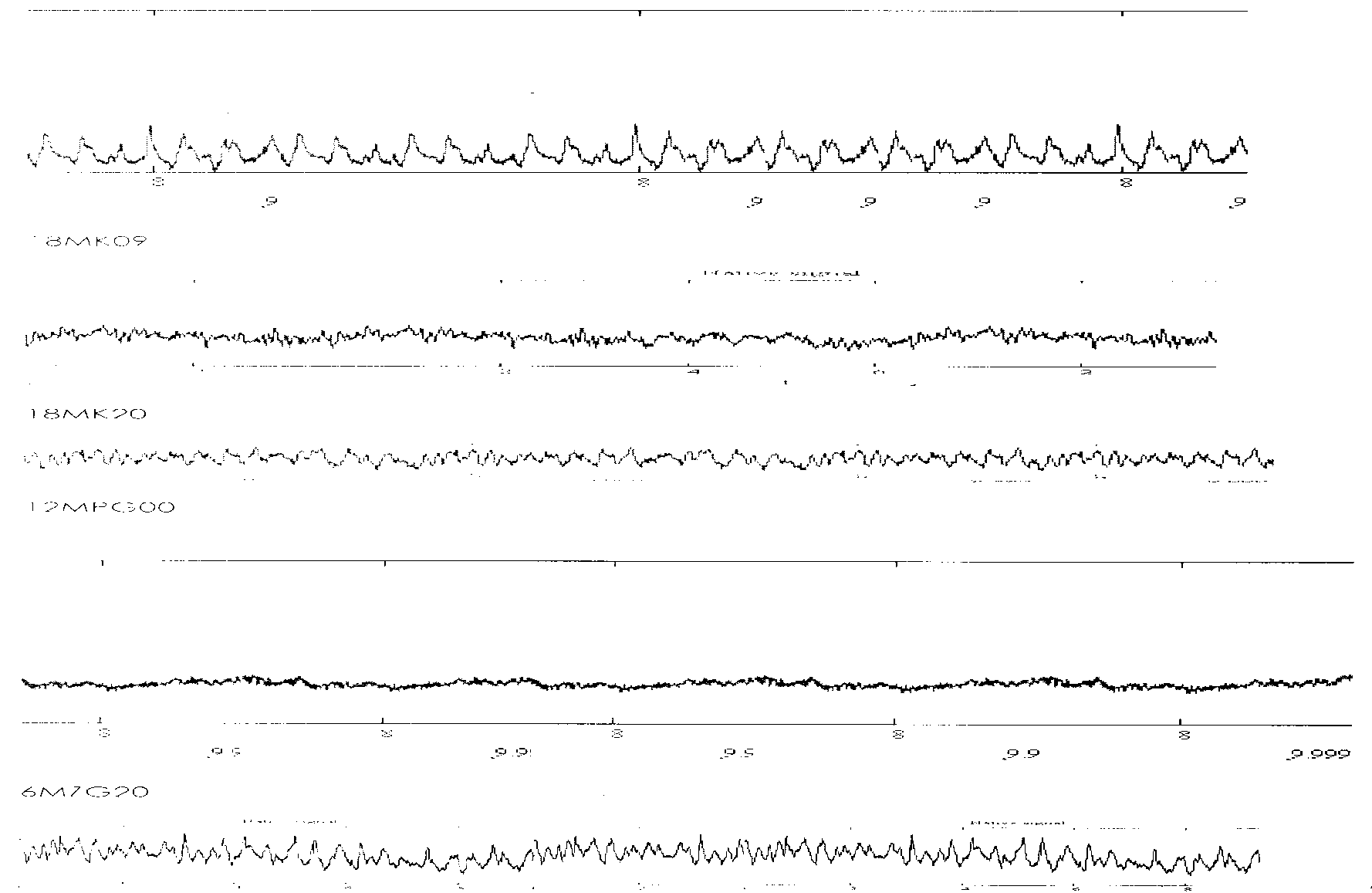
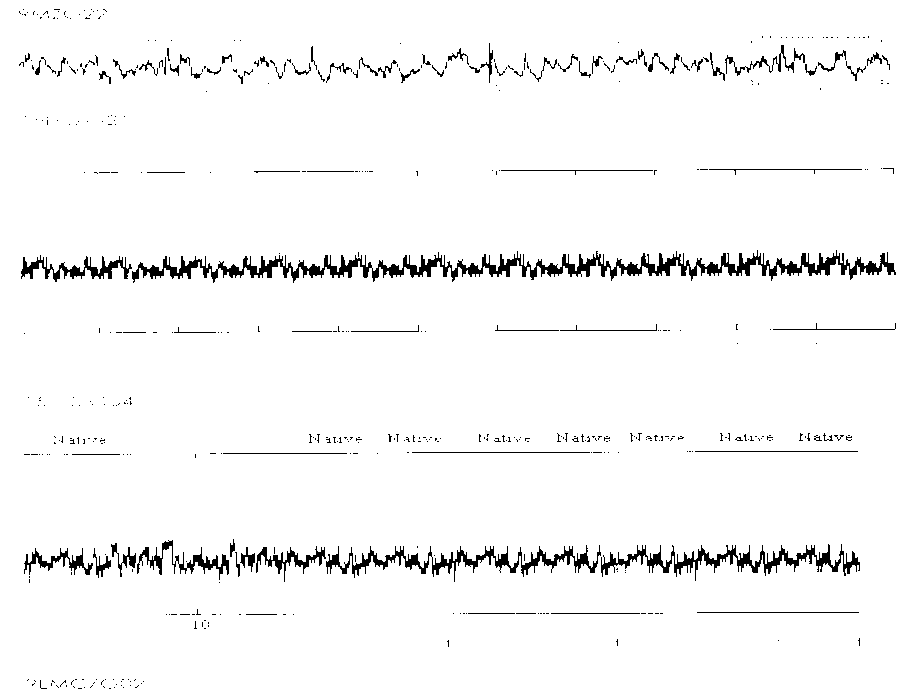
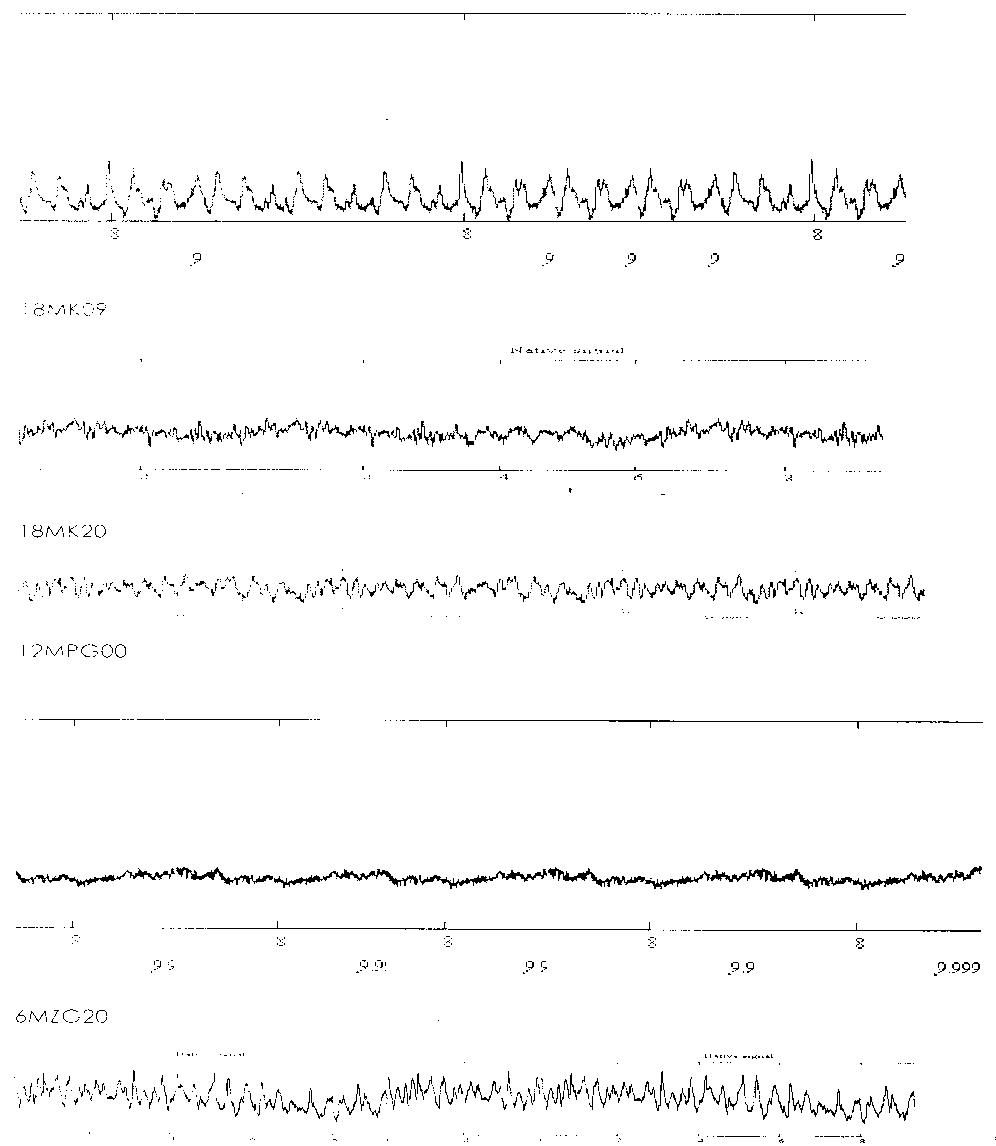
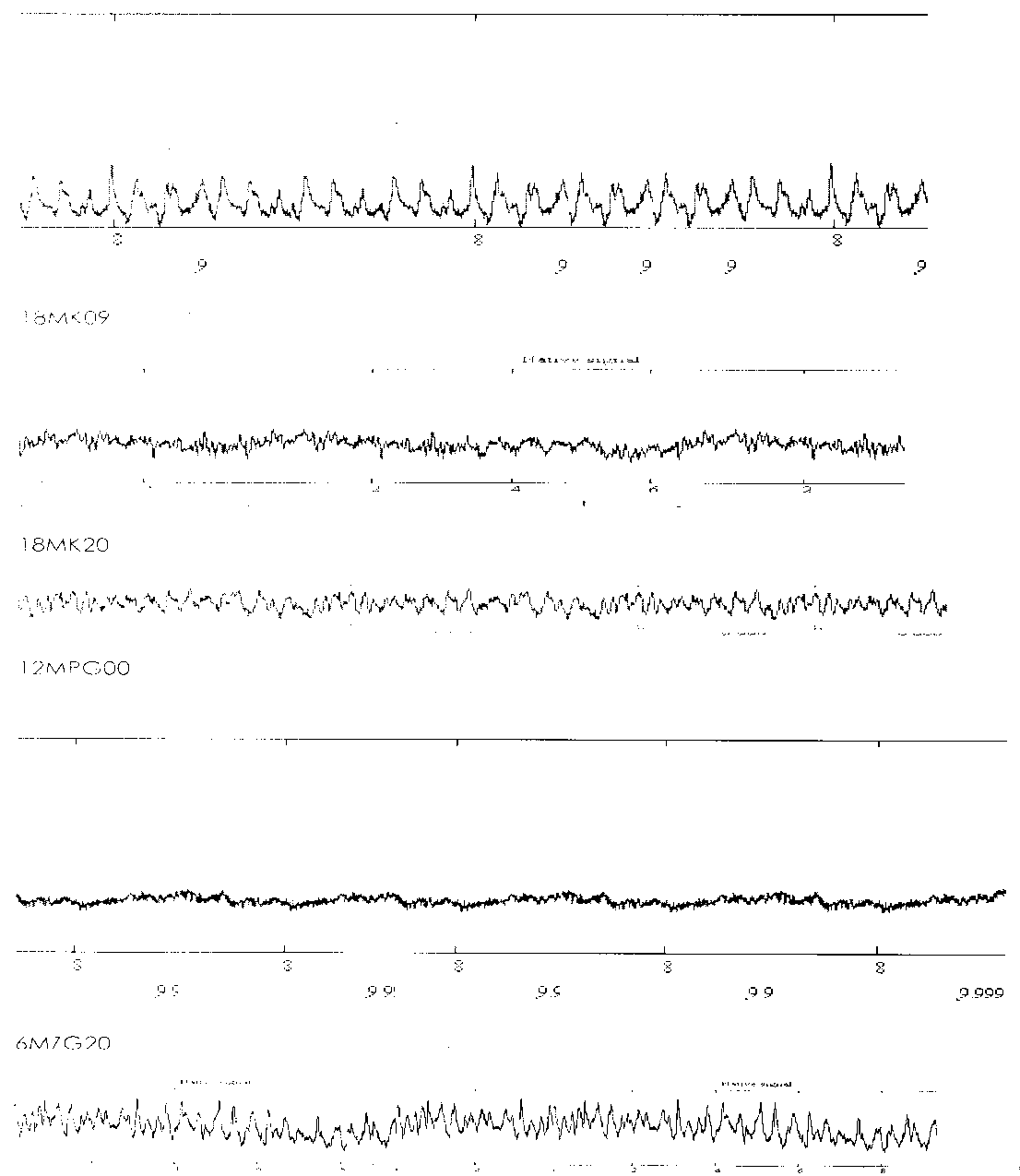
Підвищення представленості хвиль середніх частот спостерігалось на фоні загального підвищення абсолютних потужностей електричних коливань всіх частотних діапазонів ЕГтГ наприкінці експерименту і свідчило про підсилення синхронізуючих ритмоутворюючих систем мозку під дією МП. Слід зазначити, що в трофотрофній зоні гіпоталамуса таке підвищення було більш виражене. Абсолютні показники потужності компонентів ЕГтГ передньої гіпоталамічної області через 21 тиждень перевищували контрольні в 3-4 рази (Р<0,01) під дією лівонаправленого МП і в 5-17 разів (Р<0,01) під впливом МП з правим напрямком обертання.

Характер впливу імпульсних магнітних полів на сумарну фонову електричну активність гіпоталамуса істотно залежав від тривалості їх дії, а також від напрямку обертання магнітної голівки. Зокрема у змінах потужності хвиль ЕГтГ щурів, при експозиції їх у полі правого напрямку, можна виділити періоди, протягом яких значення аналізованих показників зростали (через 3 та 12-21 тижні) і зменшувались (6-9 тижні експерименту). Така картина була характерною для хвиль усіх частотних діапазонів обох досліджених областей гіпоталамуса і по своїй циклічності і амплітуді нагадувала динаміку ЕГтГ щурів, що знаходились під впливом стресу.

Таким чином, зміни потужності хвиль ЕГтГ, що відбувались під впливом поля правого напрямку обертання, в цілому, спостерігались також під дією поля лівого напрямку. Однак в останньому випадку прояв дії був менш істотним. Зміни параметрів біоелектричної активності обох досліджених зон гіпоталамуса були односпрямованими, що свідчить про їх спільну участь у реалізації відповіді на вплив МП. У трофотрофній зоні гіпоталамуса щурів під впливом МП зміни параметрів ЕГтГ були більш вираженими.

**Комбінований вплив стресу і вихрового імпульсного магнітного поля на біоелектричну активність гіпоталамуса щурів.** Відповідь біосистеми на дію МП залежить від її вихідного стану. Для того щоб мати можливість порівняти ефекти впливу МП на формування біоелектричної активності гіпоталамуса у різних фізіологічних станах, ми досліджували зміни ЕГтГ щурів, які перебували за умов зооконфліктної ситуації. Через 21 тиждень нашого дослідження нативні записи ЕГтГ щурів, що зазнавали комбінованого впливу МП і стрес-чинника суттєво відрізнялась від ЕГтГ щурів інших експериментальних груп і характеризувались зменшенням амплітуд електричних коливань, особливо вираженим під дією лівонаправленого МП (Рис. 3). Однак при аналізі динаміки потужностей окремих частотних компонентів ЕГтГ виявлено, що зменшення амплітуди електричних коливань у щурів 5 і 6 груп наприкінці експерименту було пов’язано з різними функціональними станами досліджених структур. Протягом 3-6 тижнів дія правонаправленого поля на параметри електричної активності ерготрофного і трофотрофного відділів гіпоталамуса щурів, що були під впливом стресу, виявлялась у десинхронізації електричної активності гіпоталамічних структур. В цей час ми спостерігали підвищення представництва високочастотних коливань на тлі зменшення абсолютних показників потужності хвиль усіх частотних діапазонів. Відсоток домінуючої дельта-активності через 6 тижнів знижувався до 68 %. В подальшому (9-12 тижнів) спостерігався період відносної стабільності на рівні показників тварин стрес-групи (дельта-компонент складав 70-75% потужності ЕГтГ). На заключному етапі дослідження (через 15-18 тижнів) відбувалось помітне підвищення абсолютної потужності електричних коливань при суттєвому зростанні відсотку швидких хвиль (до 20 % у альфа- і 11 % у бета-діапазоні). Тобто під комбінованим впливом правонаправленого МП і зооконфліктної ситуації спостерігалась трифазова динаміка: десинхронізація електричної активності на перших і останніх етапах досліду і період синхронізації хвиль ЕГтГ в середині експерименту. Дані явища супроводжувались зменшенням спектральної потужності тета-ритму на останніх етапах спостереження приблизно на 7-9 % від показників стресованих тварин. Фізіологічна реакція на дію поля в першу і третю фази носила протилежний при стрес-реакції знак, що слід розглядати, як один з проявів адаптації при порушеннях, обумовлених впливом зооконфліктної ситуації.

А Б

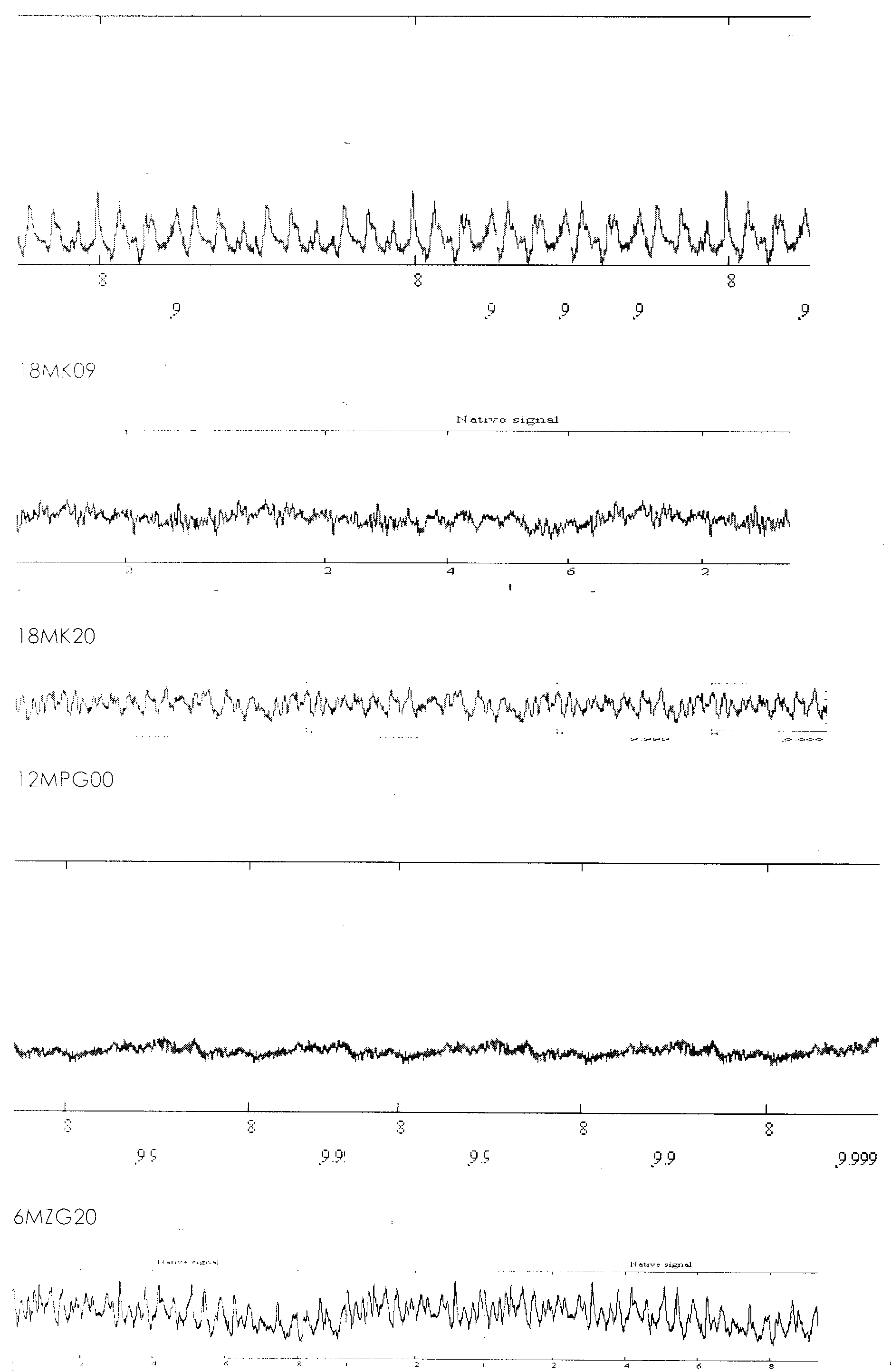
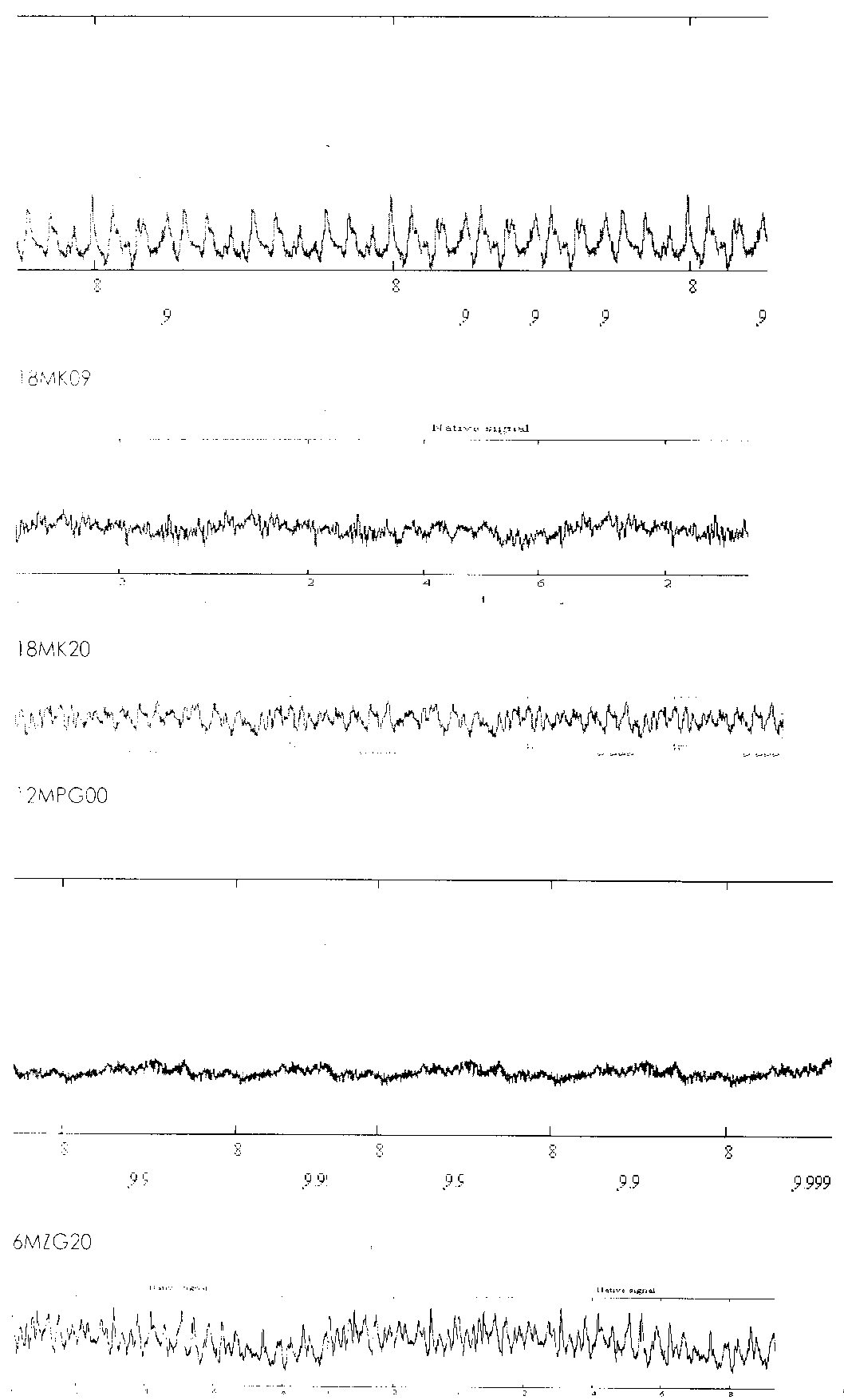
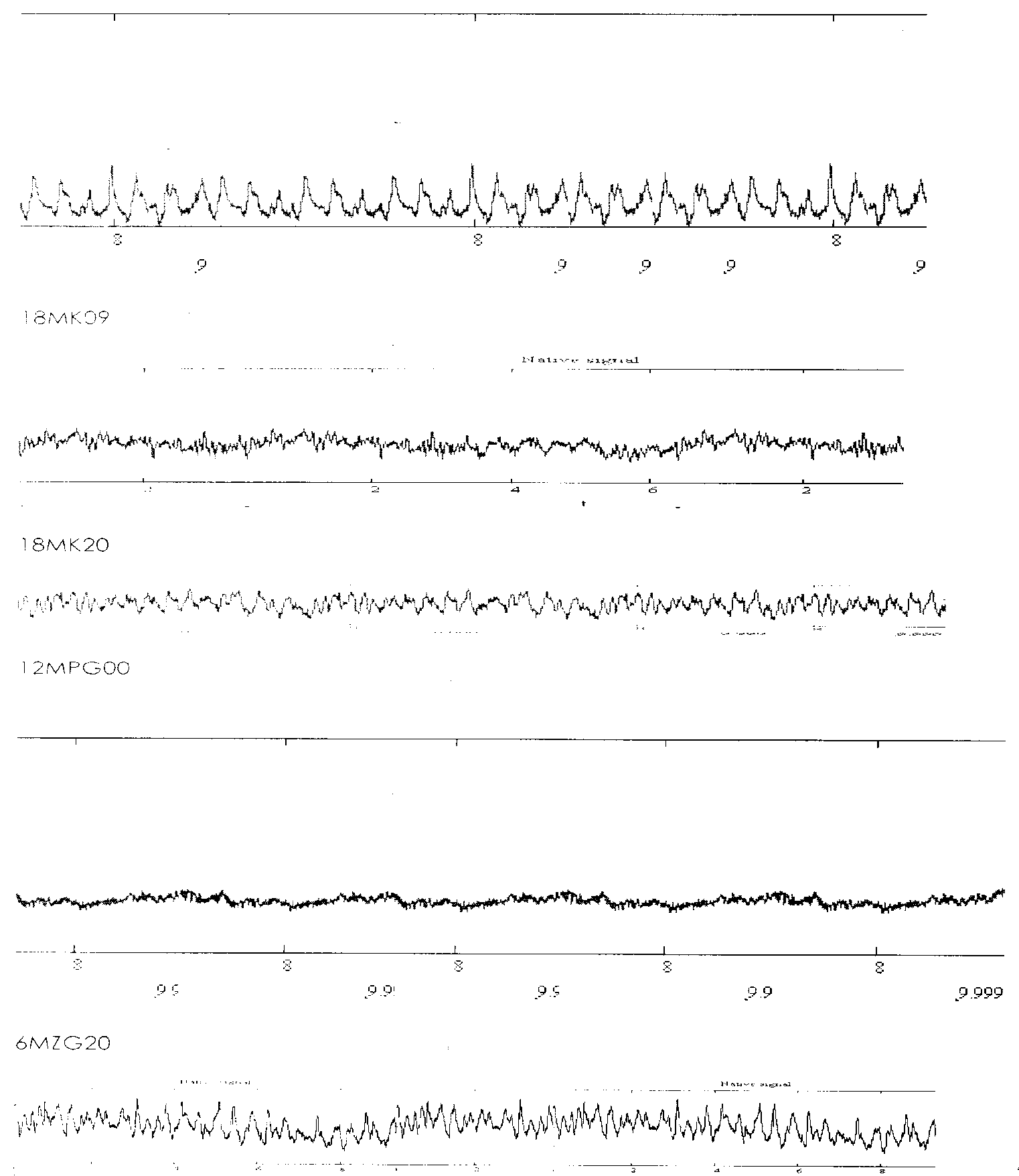


1 с.

100мкВ

1 с.

100 мкВ



2.

5.

6.

Рис. 3. Нативний запис сумарної біоелектричної активності трофотрофної (А) і ерготрофної (Б) зон гіпоталамуса щурів, які жили в умовах зооконфліктної ситуації (2), тварин, які підпадали під комбіновану дію стресу і МП правого напрямку (5) і тварин, що зазнавали комбінованого впливу стресу і МП лівого напрямку (6) через 21 тиждень експерименту.

Одночасна дія стресового чинника і поля з лівим напрямком обертання формувала двофазну ЕГтГ. На початкових етапах (3-6 тижнів) на фоні сукупного підвищення абсолютної потужності компонентів ЕГтГ в спектральній композиції спостерігалось збільшення відсотку високочастотних компонентів (на 12 % у тета- і альфа- діапазонах і 7 % у діапазоні бета-активності). Але вже через 9 тижнів і до кінця експерименту відбувалось зниження частки швидких хвиль з поступовим збільшенням представленості дельта-активності. На останніх етапах дослідження в електричній активності гіпоталамуса щурів, які знаходились під комбінованим впливом зазначених чинників, спостерігалось тотальне зниження потужності всіх компонентів ЕГтГ з безпрецедентним превалюванням в спектральній композиції аперіодичної активності (91% через 18 тижнів спостереження).

При узагальненні результатів треба відмітити, що магнітні поля з різним напрямком обертання після 9 тижнів комбінованого зі стресом впливу вносили різноспрямовані зміни в активність гіпоталамічних структур. Різниця збільшувалась з продовженням часу впливу і на останніх етапах дослідження реакція електричної активності гіпоталамуса на вплив МП з правим та лівим напрямками обертання була прямо протилежною.

**Аналіз вегетативних показників організму тварин за умов експерименту.** Для спостереження системної реакції організму на дію МП і розкриття механізмів реалізації центральних процесів були проведені експерименти щодо визначення стану вегетативної регуляції у щурів під час дослідження.

*Модуляція рухових, дослідницьких і вегетативних реакцій тварин у тесті «відкрите поле».* За умов моделювання стресу відбувалось спочатку (3-9 тижні) повільне, а після (через 12 тижнів) різке підвищення локомоторних реакцій. Показники дослідницької діяльності стресованих щурів достовірно знижувались протягом усього експерименту (р<0,05). Вегетативні показники, які ми отримували за даними кількості дефекацій і уринацій, під дією стресу суттєво зменшувались (р<0,05) протягом перших 6 тижнів, але в подальшому спостерігалось їх достовірне підвищення (р<0,05), особливо протягом 12-21 тижнів експерименту. Під впливом МП обох напрямків більшість часу спостереження рухова та дослідницька активність щурів збільшувалась приблизно у 1,5-2 рази від контрольних значень. Значення вегетативних показників через 15-21 тижні дослідження підвищувались у порівнянні з контрольними у 2-3 рази. У разі комбінованого впливу стресу і МП зміни залежали від використаного напрямку обертання. При впливі правонаправленого МП поведінкові і вегетативні показники стресованих щурів наближались до контрольних, при лівосторонньої дії – через 15-21 тижні дослідження були меншими за значення стресованих тварин. Таким чином, рухові, дослідницькі і вегетативні реакції щурів у тесті «відкрите поле» під магнітним впливом за фізіологічних умов активувались. За умов стресу показники зазначеної активності змінювались в бік норми під правонаправленим магнітним сигналом і були подібними показникам стресованих тварин під лівонаправленим МП.

*Аналіз варіативності серцевого ритму щурів під час дослідження.* У щурів, що знаходились за фізіологічних умов протягом експерименту спостерігався симпатикотонічний тип регуляції серцевого ритму. При формуванні 1 стадії стресу (3-9 тижнів) відбувалось підвищення мобілізуючого впливу симпатичного відділу вегетативної нервової системи, у 2 стадії спостерігалась активація і симпатичного і парасимпатичного компонентів регуляції синусного вузла. Протягом 18-21 тижнів дослідження (стадія виснаження) показники варіативності серцевого ритму щурів свідчили про втрату зв’язаних взаємовідносин ерготрофних і трофотрофних механізмів у вегетативній регуляції серцевих скорочень щурів. При використанні вихрового магнітного опромінення протягом 3-6 тижнів у тварин, які знаходились за фізіологічних умов, показники варіативності серцевого ритму свідчили про підвищення симпатичного впливу. При більш подовженій дії МП (протягом 9-21 тижня) спостерігалось поступове збільшення активації парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи щурів, більш потужне у випадку впливу правонаправленого сигналу. У щурів, які перебували за умов стресу, при впливі МП правого напрямку протягом дослідження відбувалось стабільне підвищення впливу обох відділів вегетативної нервової системи на синоатріальний вузол серця. У випадку довготривалого комбінованого впливу стресу і МП лівого напрямку ми спостерігали пригнічення вегетативної діяльності організму щурів, як і у стадії виснаження.

Результати нашої роботи показали, що між змінами показників електричної активності гіпоталамуса щурів, які перебували під дією МП і щурів, що зазнавали впливу зооконфліктної ситуації існує висока кореляція параметрів (r = 0,84-0,87, Р<0,02), яка дозволяє припустити, що МП діє на організм щурів, як стрес-чинник. Підвищення рівня кортикостерону плазми крові щурів до 272,5±13,4 нмоль/л під правонаправленим магнітним сигналом, і до 413,0±17,7 нмоль/л під дією лівонаправленого МП в порівнянні з контролем ( 85 нмоль/л) може бути доказом правомірності такого припущення.

Отримані результати свідчать, що фізіологічна відповідь організму на дію МП залежить від вихідного стану тварин. Встановлено, що зміни ЕГтГ трофо- і ерготрофної зон гіпоталамуса щурів при комбінованому впливі МП і стрес-чинника мали свій власний характер і не були аналогічними описаним при ізольованому впливі стресу чи поля. Більш того, зміни ЕГтГ щурів, які зазнавали впливу стресу, під магнітною дією були більш інтенсивні і починалися набагато раніше, ніж у щурів, що перебували за фізіологічних умов. Відомо, що під час впливу стрес-чинника для вирівнювання гомеостазу та взаємовідносин організму з навколишнім середовищем системи саморегуляції призводять до мобілізації усіх енергетичних ресурсів. Комбінований вплив стресу і лівонаправленого МП при відносно короткотривалому впливі мав потужний ефект, який змінився поступовим згасанням електричного процесу під час довготривалого впливу. В основі таких змін може лежати виснаження стрес-активуючих систем під подвійним впливом і перехід на гіпобіотичний режим для збереження життя. Дія правонаправленого МП під час комбінованого зі стресом впливу, виявилась менш виснажливою, можливо через більш інтенсивне стимулювання трофотрофних реакцій.

Під час аналізу отриманих даних виявлено, що за умов довготривалого впливу вихрового МП спостерігається підсилення синхронізації біоелектричної активності гіпоталамуса. Встановлено, що відповідь на дію слабких МП супроводжується підвищенням неспецифічної резистентності організму [Гаркави, Квакина, Кузьменко, 1998]. В електричній активності мозку це проявляється в розвитку неспецифічного зворотного гальмування функцій специфічних систем головного мозку і функціональних змін центральної нервової системи, що мають пристосувальне значення [Сидякин, Сташков, 2001]. Однією з найбільш сучасних гіпотез, щодо механізму дії МП на організм є модуляція магнітним полем синтезу мелатоніну [Чуян, Темурьянц, 2003; Hunt et al., 2001]. Виявлені у нашому дослідженні процеси синхронізації, можливо, були пов’язані з модуляцією мелатоніном синтезу ГАМК у структурах центральної нервової системи.

Необхідно відмітити, що набагато більш вираженою синхронізація була в ЕГтГ переднього відділу гіпоталамуса (під впливом поля з правим напрямком обертання показники потужності компонентів ЕГтГ перевищували контрольні до 17 разів). Можливо, підвищення функціональної активації трофотрофних реакцій є причиною розвитку станів природної резистентності під впливом слабких МП, які базуються на відновлювальних компенсаторних процесах і активації стрес-лімітуючих систем. Дослідження вегетативних показників щурів за даними поведінкових реакцій у тесті «відкрите поле» і показниками варіативності серцевого ритму підтвердили факт активації під впливом вихрового МП вегетативної нервової системи, особливо її парасимпатичного відділу. Можливо, що в наслідок реакції засвоєння частоти під впливом імпульсного МП змінюються особливості імпульсації нейронів ЦНС [Парин, Полевая, 2006], що гіпотетично, може знайти відображення у розвитку неспецифічних реакцій організму.

У нашому експерименті біологічну активність мало вихрове МП обох напрямків, однак фізіологічна відповідь на їх використання відрізнялась як ступенем прояву, так і направленістю. Зміни біоелектричної активності гіпоталамуса стресованих щурів за умов довготривалого впливу різноспрямованих полів були протилежними. Можливо, в залежності від напрямку діючого МП змінюється активність стрес-активуючих і стрес-лімітуючих систем, що призводить до змін у системній реакції. На користь цього припущення свідчать результати аналізу вмісту кортикостерону у сироватці крові тварин, які знаходились за умов стресу: під правонаправленим сигналом цей показник зменшувався до 127,0 ± 2,54 нмоль/л, в той час як під лівонаправленим МП – сягав 272 ± 5,45 нмоль/л (показники тварин,що підлягали ізольованої дії стресу на даному етапі дослідження дорівнювали 150±8,40 нмоль/л). Передбачають [Хоменко, Руденко, 2000], що вихрове імпульсне МП правої і лівої спрямованості по-різному змінюють структуру та внутрішньомолекулярні взаємодії молекул, що й призводить до зміни активності ферментативних речовин. В основі механізму ефективного впливу вихрового МП на живий організм може лежати анізотропія магнітного сигналу, яка відповідає структурній анізотропії біооб’єкта [Дмитриевский, 1992]. Таким чином, отримані нами данні можуть лягти в основу розробки терапевтичних методик, в яких використовують імпульсне МП вказаних параметрів, в залежності від часу дії, використаного напрямку поля і вихідного стану організму.

ВИСНОВКИ

Дія вихрового імпульсного магнітного поля викликала зміни біоелектричної активності ерго- і трофотрофної зон гіпоталамуса щурів, поведінкових і вегетативних реакцій у тесті «відкрите поле» та варіативності серцевих скорочень. Характер змін під впливом магнітного поля залежав від напрямку його обертання, часу його впливу та вихідного стану організму щурів.

1. Циклічність та амплітуда, які були притаманні динаміці параметрів електричної активності гіпоталамуса при розвитку стрес-реакції, в певній мірі спостерігались і при формуванні фонової електрогіпоталамограми у відповідь на дію магнітного поля за фізіологічних умов. Високі коефіцієнти кореляції між змінами параметрів електрогіпоталамограми під дією поля і стресу (Р<0,05), підвищення рухової і зниження дослідницької активності щурів у тесті «відкрите поле», а також достовірне підвищення рівня кортикостерону у сироватці крові (Р<0,05), підтвердили розвиток стрес-подібного стану в організмі щурів під час магнітного впливу.
2. Комбінований вплив вихрового імпульсного магнітного поля правого напрямку обертання і стресу проявлявся у формуванні трифазної електрогіпоталамограми переднього і заднього відділів гіпоталамуса щурів. У 1 і 3 фази стресу спостерігалась десинхронізація електричної активності гіпоталамуса, у 2 фазу – синхронізація. Дані явища супроводжувались стабільно підвищеним тонусом вегетативної регуляції серцево-судинної системи і показників вегетативної поведінки у тесті «відкрите поле» (Р<0,05), що вказує на наявність системної реакції, направленої на пристосування.
3. Дія вихрового імпульсного магнітного поля лівого напрямку обертання на фоні розвитку стрес-реакції призводила до формування двофазної електрогіпоталамограми ерготрофної і трофотрофної зон гіпоталамуса у щурів у вигляді явищ десинхронізації (через 3-6 тижнів) та синхронізації (через 9 – 21 тижні) з тотальним пригніченням потужності всіх компонентів електричної активності гіпоталамуса наприкінці експерименту. Зниження показників вегетативної поведінки у тесті «відкрите поле», втрата зв’язаних взаємовідношень ерготрофних і трофотрофних механізмів у вегетативній регуляції серцевих скорочень, а також рівень кортикостерону у сироватці крові тварин, які були під довготривалим впливом стресу і лівонаправленого магнітного поля, свідчили про наявність виснаження і перехід на гіпобіотичний режим існування.
4. Достовірне підвищення потужності усіх компонентів біоелектричної активності переднього і заднього відділів гіпоталамуса щурів під дією вихрового імпульсного магнітного поля свідчили про підсилення синхронізуючих ритмоутворюючих систем мозку, яке було особливо виражене під впливом поля з правим напрямком обертання (р<0,01). Синхронізація біоелектричної активності була більш потужною у передньому гіпоталамусі і свідчила про активацію трофотрофних реакцій. Активація трофотрофного відділу вегетативної нервової системи під впливом магнітного поля підтверджена підвищенням показників вегетативних реакцій тварин у тесті «відкрите поле» і варіативності серцевого ритму.
5. Вплив магнітного поля протягом 9 тижнів відновлював змінені показники біоелектричної активності гіпоталамуса, поведінкові реакції і варіативність серцевого ритму стресованих щурів до меж норми, у чому особливо ефективним виявилось правонаправлене вихрове магнітне поле. При подовжені експозиції до 21 тижня нормалізуючий ефект поля з правим напрямком зберігався, а з лівим – нівелювався.