



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
División de Ciencias Biológicas
Departamento de Ciencias Ambientales

Instituto de Neurociencias

CORRELACIÓN CORTICO-AMIGDALINA DURANTE EL SUEÑO PARADÓJICO Y
SU RELACIÓN CON LAS EXPERIENCIAS SEXUALES DE LA VIGILIA PREVIA
EN LA RATA MACHO

Tesis

Que para obtener el grado

MAESTRO EN CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO

(Opción Neurociencias)

presenta

Jesús Pretelín Ricárdez

Comité Tutelar y Sinodales

Dr. Miguel Angel Guevara Pérez (Director)

Dra. Marisela Hernández González

Dra. Pilar Durán Hernández

Dra. María Corsi Cabrera

Guadalajara, Jalisco

Enero de 2006

INDICE

ABREVIATURAS	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
I. INTRODUCCIÓN	7
II. ANTECEDENTES	
El sueño.....	9
Relación entre el sueño paradójico y las experiencias vividas durante la vigilia previa.....	12
Sueño paradójico y procesamiento emocional. Teoría de la actividad de búsqueda.....	14
Efecto de la conducta sexual sobre el sueño.....	16
La conducta sexual de la rata macho.....	17
La amígdala.....	20
La corteza prefrontal.....	25
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
Planteamiento del problema.....	27
IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	
Objetivo general	28
Objetivos particulares.....	28
Hipótesis general.....	29
Hipótesis particulares.....	29

V. MATERIALES Y METODO

Sujetos.....	30
Implante de electrodos.....	30
Prueba de conducta sexual.....	31
Cópula con eyaculación (CE).....	31
Cópula interrumpida (CI).....	31
Registros Electroencefalográficos.....	31
Registro del EEG.....	32
Análisis del EEG.....	33
Análisis histológico.....	33
Análisis estadístico.....	34

VI. RESULTADOS

Resultados histológicos.....	35
Resultados conductuales.....	35
Resultados electroencefalográficos.....	36
Vigilia.....	36
Potencia relativa.....	40
Correlación Interprefrontal.....	40
Correlación Interamigdalina	41
Correlación Intrahemisférica.....	44
Sueño paradójico.....	44
Potencia relativa.....	47

Correlación Interprefrontal.....	47
Correlación Interamigdalina.....	47
Correlación Intrahemisférica.....	47
VII. DISCUSIÓN.....	50
VIII. CONCLUSIONES.....	60
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
X. ANEXOS	
AI. Actividad eléctrica cerebral y correlación.....	71
AII. Aparatos utilizados para la realización de los registros.....	73
AIII. Ejemplos de estados de vigilancia registrados.....	74

ABREVIATURAS

<i>AB</i> Actividad de Búsqueda,	<i>SPPE</i> sueño paradójico
<i>ABL</i> Amígdala basolateral,	posteyaculación,
<i>ACTH</i> ,Hormona	<i>SPPI</i> sueño paradójico
Adrenocorticotrópica,	postintromisiones,
<i>ARL</i> , Actividad Rítmica Lenta,	<i>SNA</i> Sistema Nervioso Autónomo,
<i>CE</i> Cópula Hasta la Eyaculación,	<i>SP</i> Sueño Paradójico,
<i>CI</i> Cópula interrumpida,	<i>TPP</i> Tegmento Pedúnculo Pontino,
<i>CoH</i> Coherencia,	<i>TLD</i> Tegmento Latero Dorsal,
<i>COF</i> Corteza Orbitofrontal,	<i>TRF</i> Transformada Rápida de
<i>ECOG</i> Ritmo electrocorticográfico,	Fourier,
<i>CPF</i> Corteza Prefrontal,	<i>VB</i> vigilia basal,
<i>FH</i> Formación Hipocámpica,	<i>VPE</i> vigilia posteyaculación,
<i>LsC</i> Locus Subcoeruleus,	<i>VPI</i> vigilia postintromisión,
<i>PA</i> Potencia Absoluta,	<i>VPSPE</i> vigilia posteyaculación post
<i>PGO</i> Actividad Ponto Genículo	sueño paradójico.
Occipital,	<i>VPSPI</i> vigilia postintromisión post
<i>PR</i> Potencia Relativa,	sueño paradójico
<i>r</i> Correlación,	
<i>SP</i> Sueño Paradójico,	
<i>SPB</i> sueño paradójico basal,	
<i>TPP</i> Tegmento Pedúnculo Pontino,	

Resumen

Las experiencias con contenido emocional experimentadas durante la vigilia pueden influir sobre el ciclo sueño-vigilia posterior. El sueño paradójico parece ser sensible a tales acontecimientos. Se ha reportado que la eyaculación induce un estado placentero y relajado que se ha asociado con una actividad electroencefalográfica de ondas lentas de gran amplitud, mientras que la interrupción de la cópula induce en la rata un estado de ansiedad o activación. Las estructuras del sistema límbico se han relacionado con la modulación de los estados emocionales, entre ellas, el circuito formado por la corteza orbitofrontal (COF) y la amígdala basolateral. El propósito de este estudio fue valorar los cambios en la funcionalidad entre la ABL y la COF después de una experiencia sexual recompensante (eyaculación) y una no recompensante (solamente intromisiones). Se utilizaron machos sexualmente expertos implantados bilateralmente en la COF y en la ABL. Se registró la actividad eléctrica en los estados basales tanto de la vigilia como del SP, después de una u otra experiencia sexual, y la vigilia posterior al SP en machos que pasaron por la experiencia recompensante (VPSPE) o la no recompensante (VPSPI). Los resultados muestran que las experiencias sexuales recompensantes y no recompensantes se asociaron con cambios diferenciales en la funcionalidad y correlación de la COF y ABL. La ansiedad moderada que es generada por la interrupción de la cópula en la rata macho afectó principalmente las características EEG del sueño paradójico y de la correlación intrahemisférica derecha, mientras que la experiencia sexual placentera se asoció con mayores cambios durante la VPSPE.

Abstract

It has been shown the effects of emotional waking experiences on waking-sleep cycle. Paradoxical sleep (PS) state seems particularly susceptible of being affected by this situation. The sexual behavior is a motivated behavior with a higher hedonic component. It has been reported that ejaculation induces in rat a pleasure and relaxed state associated with slow waves and high amplitude cortical EEG, and interruption of the copula induces an anxious and over-activated state. Limbic structures have been related with the modulation of emotional states, between them, the circuit formed by the basolateral amygdala (BLA) and the orbitofrontal cortex (OFC). The purpose of this study was to assess the changes in functionality between the BLA and the OFC immediately after to a rewarding (ejaculation) and no rewarding (only intromissions) sexual experience. Sexually experienced male rats bilaterally implanted in the OFC and ABL, the EEG from both structures was recorded. All males were exposed to both sexual experiences in a contrabalanced design and the EEG was recorded during: Basal state for both waking and PS; after the rewarding or no rewarding experience, as well as the waking after the PS in males with E (WPSPE) and in males with I (WPSPI). The present results shown that rewarding and no rewarding sexual experiences are associated with changes in correlation and functionality in BLA and OFC. In general mild anxiety generated by interrupted copulation had a stronger incidence on EEG characteristics of PS and right intrahemispheric correlation, while rewarding sexual experience had a stronger incidence on EEG characteristics of WPSPE.

Introducción

Se ha postulado que las experiencias vividas durante la vigilia pueden ser factores que modifican las características del sueño posterior, ya sea sobre la dinámica de la actividad eléctrica cerebral o bien, sobre la manifestación y duración de los estados de vigilancia. Siendo el sueño un estado fisiológico necesario para la sobrevivencia de los organismos, diferentes trabajos han reportado que el estrés, la depresión o las experiencias con alto contenido emocional vividas durante la vigilia previa repercuten sobre la cantidad y calidad de éste, en particular del sueño paradójico. La ejecución de la conducta sexual lleva implícito un componente hedónico que la instituye como una conducta altamente reforzante. Se ha reportado que la eyaculación induce, tanto en humanos como en animales, un estado placentero y relajado que en la rata, se ha asociado con una actividad electroencefalográfica de ondas lentas y gran amplitud en la corteza. Por otro lado, cuando la cópula es interrumpida de forma tal que el sujeto no puede lograr la eyaculación (por que se retira a un miembro de la pareja), el macho manifiesta alteraciones conductuales incluyendo inquietud, hiperactividad y sobreexcitación. Desde los trabajos de Rasmussen y Larsson (1956) se sabe que la interrupción de la cópula por retiro del macho o de la hembra en ratas, se asocia con un decremento del número de intromisiones necesarias para lograr la eyaculación, a su vez, Fernández-Guasti y colaboradores (1989, 1990) han mostrado que éste decremento del número de intromisiones necesarias para lograr la eyaculación resulta del estado de ansiedad que es generado en el macho por su incapacidad de tener acceso a la hembra. La actividad sexual es una conducta placentera que se ha asociado con un incremento en la necesidad de dormir en muchas especies. Se ha mostrado también que la intensa actividad sexual modifica el sueño de ondas lentas mientras que en ratones los efectos dependen de la cepa. No obstante, hasta donde tenemos conocimiento, no se ha estudiado la relación entre la vivencia de experiencias sexuales placenteras y no placenteras con el sueño.

El sistema límbico, específicamente la amígdala, junto con regiones más anteriores del encéfalo como la corteza prefrontal (las áreas orbitales y mediales) se vincula con el procesamiento emocional. Se ha descrito que la amígdala juega un importante papel en la codificación del significado emocional de los estímulos y tiene conexiones con núcleos del tallo cerebral que se sabe están involucrados en el control del sueño. Se ha sugerido además que la amígdala constituye un sustrato neural por el cual estímulos significantes o emocionalmente relevantes pueden influir sobre la conducta y ciclo sueño-vigilia. Entre las numerosas conexiones de la amígdala, las proyecciones a la corteza orbitofrontal juegan un papel importante en la asignación del valor incentivo de los estímulos, por lo que en esta investigación se pretende determinar si la funcionalidad electroencefalográfica del circuito cortico-amigdalino resulta afectada por la experiencia de dos tipos diferentes de conducta sexual, una recompensante (cópula con eyaculación) y otra no recompensante (cópula interrumpida, sólo con 2-3 intromisiones) en ratas macho adultas y sexualmente expertas.

ANTECEDENTES

El sueño

La vigilia y las etapas del sueño se determinan mediante los patrones eléctricos de la corteza, los músculos y de los movimientos oculares. En términos generales, tanto en el ser humano como en otros mamíferos como la rata, se observa en el sueño una división en dos etapas generales, el sueño de ondas lentas (SOL) y el sueño de movimientos oculares rápidos o sueño paradójico (SP).

La rata es un mamífero altricial, es decir el desarrollo de su sistema nervioso es paulatino, al igual que en el ser humano, y dada la similitud de la fisiología de los estados de vigilancia en ambas especies así como la accesibilidad que proporciona para el análisis de diferentes regiones del encéfalo, la rata se ha utilizado como un modelo para el estudio del sueño.

Sin embargo, a diferencia de los humanos, la rata es un animal nocturno, pues duerme la mayor parte del tiempo de día. Registros de sueño durante 24 horas muestran que las ratas duermen alrededor de doce horas, diez de las cuales son de SOL y dos de SP. Sin embargo, las ratas no pasan el día entero (que corresponde a la noche en términos humanos) durmiendo. En la rata el ciclo sueño-vigilia es polifásico aunque su duración es muy irregular, ya que puede durar desde 30 minutos a 3 horas. La duración promedio de cada episodio de SP va de 1 minuto a 1 minuto y medio y el intervalo entre episodios puede ir desde 5 hasta 10 minutos. Como en el caso de los humanos, el ciclo de sueño de la rata comienza con un periodo de SOL y posteriormente otro de SP. Pero las etapas de sueño en la rata son más cortas que la de los humanos. (Borbély, 1986).

En el patrón de la actividad eléctrica del ciclo vigilia-sueño de la rata se distinguen las siguientes fases:

Vigilia alerta. Se caracteriza por una actividad eléctrica cortical rápida, en un rango de 11.5 a 30 Hz, con un voltaje medio que varía de 30 a 50 μV . La vigilia se presenta como un ritmo electrocortigráfico (ECoG) rápido y de bajo voltaje en donde el animal se encuentra despierto mostrando una diversidad de conductas y actividades (Durán, 2000).

Sueño lento. Esta fase del sueño está caracterizada por husos de sueño de 10 a 13 Hz, asociados a una actividad lenta de alto voltaje que varía de 100 a 200 μV (Corsi-Cabrera, 1983, 2001) En la rata las características conductuales más sobresalientes del SOL son la ausencia de movimientos corporales, ojos cerrados y en algunos casos, la adopción de alguna postura en especial como mantener el vientre y las cuatro patas flexionadas con la cabeza inclinada sobre el tórax. Además se reduce la frecuencia cardíaca, la presión arterial y la temperatura corporal. La respiración se vuelve más lenta y se regulariza (Durán, 2000).

Sueño paradójico. El ECoG del SP se caracteriza por la presencia de una actividad eléctrica rápida muy similar a la de la vigilia, conocido como ritmo theta (4 a 12 Hz), uniforme y con un voltaje entre 50 y 150 μV y puede ser registrado tanto en la corteza como en la formación hipocámpica. (Durán, 2000). Otras características del sueño paradójico son la disminución del tono muscular postural, la aparición de movimientos oculares rápidos, la presencia de espigas ponto-geniculo-occipitales (PGO), de contracciones musculares involuntarias y de fluctuaciones cardiorrespiratorias.

En 1972, Michel Jouvet planteó que la serotonina se relacionaba con la generación del sueño, mientras que las catecolaminas (noradrenalina y dopamina) estarían involucradas en los mecanismos que generan y mantienen el SP. Sin embargo, la propuesta que hasta ahora ha sido validada por los trabajos en el laboratorio es la que plantean Hobson y McCarley sobre la interacción recíproca entre las aminas biogénicas

y la acetilcolina que respectivamente inhiben o facilitan la generación del SP (figura 1). Esta teoría plantea que el SP es generado por neuronas colinérgicas ubicadas en el tegmento laterodorsal (TLD) y en el tegmento pedúnculo pontino (TPP) de la formación reticular pontina. Estas neuronas se proyectan hacia la formación reticular mesencefálica y bulbar, al sistema límbico, al tálamo y al cerebro anterior basal, que son responsables de la ocurrencia de los fenómenos fásicos y tónicos propios del SP. Los sistemas colinérgicos en el tallo cerebral causan dos principales efectos en el tálamo: una excitación directa de las células tálamo-corticales y una desinhibición de las mismas, provocada por una inhibición a las neuronas GABAérgicas tálamo reticulares (Steriade, 1992). Durante la vigilia las neuronas colinérgicas son inhibidas por neuronas serotoninérgicas, noradrenérgicas, histaminérgicas y dopaminérgicas y con ello a los fenómenos propios del SP (Monti y Monti, 1999).

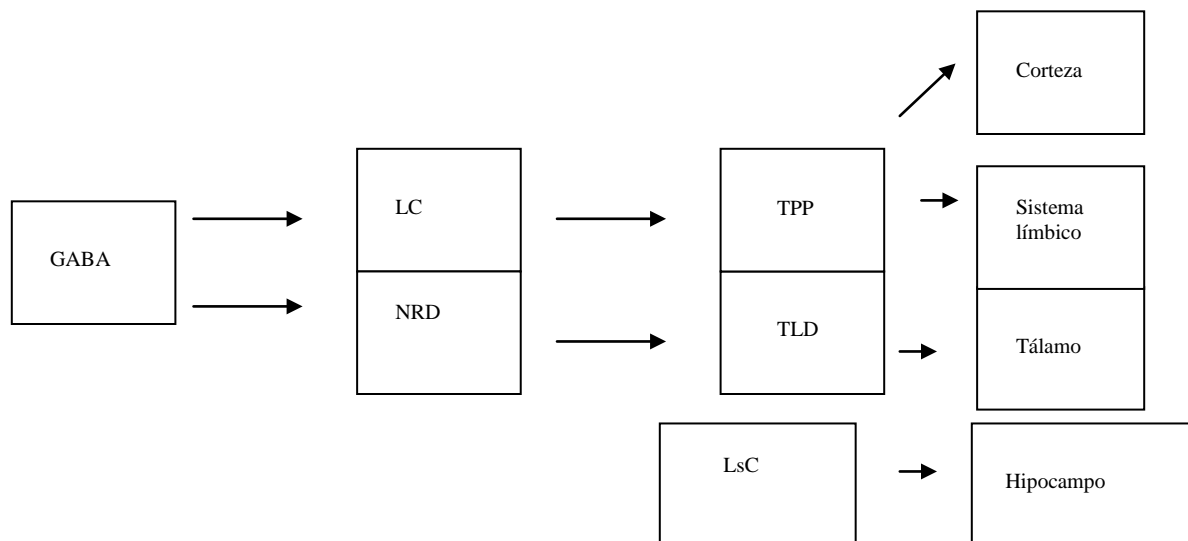


Figura 1 Mecanismo de generación del SP. La actividad de diferente neurotransmisores, entre ellos el GABA, inhiben la actividad inhibitoria de las neuronas noradrenérgicas en el LC y serotoninérgicas en el NRD, lo cual facilita la activación del las neuronas colinérgicas de la región parabraquial representadas por los núcleos TPP y TLD que junto con el LsC generan la actividad PGO, que ejerce influencia sobre estructuras del sistema límbico, el tálamo, el hipocampo y la corteza. Abreviaciones LC *locus coeruleus*, NRD núcleo del rafe dorsal, TPP tegmento pedúnculo pontino, TLD tegmento laterodorsal, LsC locus subcoeruleus. (Monti y Monti, 1999)

Relación entre el sueño paradójico y las experiencias vividas durante la vigilia previa.

La vigilia y el sueño están íntimamente relacionados, de tal forma que el estado funcional del organismo durante la vigilia determina el sueño subsecuente y viceversa. La alteración de estas interrelaciones temporales entre las fases del ciclo sueño-vigilia inducida por factores exógenos y/o endógenos puede provocar incomodidad e incluso patologías. Entre los factores que afectan el ciclo sueño-vigilia podemos mencionar situaciones emocionales, situaciones estresantes y diferentes desordenes mentales como la depresión (Morrison y cols., 2000).

Tanto en humanos como en animales se ha mostrado que los sucesos o conductas desplegadas durante la vigilia pueden tener un impacto sobre la fisiología y podrían determinar el modo en que los organismos duermen (García-García y Drucker-Colín, 1999). Esta condición genera “huellas sobre el sueño” (*somnoprints*), equivalentes a las huellas dactilares, que se refieren a los patrones característicos de sueño directamente relacionados a eventos que ocurrieron durante la vigilia, como por ejemplo, el ejercicio, la privación de sueño (Corsi y cols., 1989, 1994) enfermedades, la actividad intelectual, la ingesta de alimento, etc., que pueden activar sustratos neuronales, los cuales generan diferentes señales químicas que en última instancia modulan los mecanismos del sueño. Estas huellas sobre el sueño puede ser conocidas entre otras maneras mediante el registro de la actividad eléctrica antes y durante el sueño posterior a tales experiencias.

El SP es un estado que parece verse afectado por trastornos de índole emocional. Maquet y colaboradores (2000) mostraron en humanos, mediante la Tomografía por Emisión de Positrones, que las regiones que se activaron durante la ejecución de tareas que implicaban la atención y la vigilancia durante la vigilia, estuvieron más activas durante el SP posterior en los sujetos entrenados previamente en tales tareas que en los sujetos no entrenados.

Se ha reportado en sujetos con síndrome de estrés postraumático el incremento en la duración del primer periodo de SP, el aumento en la densidad de los movimientos oculares rápidos, así como en los fenómenos fásicos que los acompañan, esto al compararlos con sujetos controles en la noche de adaptación (Ross y cols., 1999).

A su vez, la depresión endógena presenta una serie de anormalidades durante el SP que se interpretan como una desinhibición de este estado de sueño, v.g., se presenta un incremento en la duración del SP y una disminución en su latencia (Vogel, 1999).

De acuerdo a un grupo de autores, los estados emocionales y estresantes producen eliminación del SP (Johnson 1973; Arshavski y Rotenberg, 1978). En conejos se ha mostrado que el estrés inducido por 6 horas de inmovilización suprimió el SP (Kawakami y Yoshida, 1965). La evidencia obtenida en humanos también apoya la interrelación entre estrés y SP. Por ejemplo, se ha mostrado que en humanos después de ver películas estresantes, los sujetos experimentan sueños estresantes acompañados de respiración irregular y movimientos rápidos de los ojos (Goodenough y Witkin, 1975). El estrés excesivo puede causar lo que se denomina enfermedades neurogénicas tanto en humanos como en animales. El estrés altera el número de ciclos sueño-vigilia disminuye la latencia del SP, la duración del sueño de ondas lentas e incrementa el número de vigilias o despertares en humanos (Ross et al., 1989; Goldenberg, 1993). Experimentos en ratas han mostrado que 2 horas de inmovilización inducen un rebote del SP (Rampine y cols., 1991). Por otro lado, la inmovilización por 1 hora induce un rebote significativo tanto de SP como del sueño de ondas lentas (Bonnet et al, 1997; Palma et al., 1999). También se ha mostrado el aumento de la latencia del SP y la reducción en la duración de esta etapa en ratas sometidas a estrés por inmovilización durante 1 hora y por 3 horas (Koridze y cols 2003).

Estos resultados parecieran resultar contradictorios, aunque al parecer el tipo de experiencia, su duración y las características particulares de la manipulación experimental pueden estar influyendo en la integración de la respuesta funcional.

Además del estrés, se ha reportado que otros tipos de situaciones emocionales, conductuales y ambientales pueden repercutir de manera importante en la manifestación de los patrones del sueño, por ejemplo, la ingesta de comida (Roky y cols, 1999, 2001) la actividad locomotora (Vyazovskiy y cols, 2005) los cambios de luz-obscuridad (Santhi, 2005, Burgess, en prensa, Lamond, 2003) cambios en la temperatura ambiental (Thannickal, y cols., 2000) el ejercicio (Revisado en Driver y cols., 2000) y la conducta sexual (Boland, 1977; Vázquez-Palacios y cols. 2002), entre otros.

Sueño paradójico y procesamiento emocional. Teoría de la actividad de búsqueda

De acuerdo con la teoría de la actividad de búsqueda (*Search Activity Theory*) enunciada por Rotenberg y Arshavsky (Rotenberg, 2000) el sueño paradójico es importante para que el organismo oponga resistencia a los factores ambientales que provocan el estrés emocional. Así, el incremento del sueño paradójico (rebote) posterior a estímulos estresantes, tendría la función homeostática de liberar la excitación y regresarla a los niveles basales óptimos.

La actividad de búsqueda (AB) es definida como las acciones que ejecuta un organismo para cambiar su situación o actitud ante la presencia de estímulos o situaciones estresantes o aversivas, o frente a la ausencia de señales que pronostiquen resultados positivos, de modo que mediante la AB se facilitaría mantener un monitoreo constante de los resultados a todos los niveles de actividad con el fin de obtener una retroalimentación que permita mejorar el estado displacentero de la situación actual.

Ejemplos de AB son las conductas creativas en los humanos y conductas defensivas (pelea, vuelo) en otros animales. Las conductas estereotipadas como por ejemplo el acicalamiento genital, la parálisis motora (freezing), los movimientos nerviosos involuntarios como comerse las uñas, las conductas asociadas a la depresión o a la ansiedad maladaptativa no son AB, pues no intentan soluciones nuevas y colocan al sujeto en un estado de alteración que impide una retroalimentación apropiada.

Rotenberg (2000) plantea que si la actividad de búsqueda es tan importante para la sobrevivencia y si la renuncia a la búsqueda es tan destructiva y dañina, sería razonable asumir la existencia de mecanismos capaces de restaurar la actividad de búsqueda después de renuncias ocasionales. De acuerdo con Rotenberg, esta función es llevada a cabo por el SP, pues en este estado se realizaría una AB encubierta que compensaría la falta de actividad en los periodos de vigilia anterior y aseguraría la reanudación de la actividad de búsqueda en la vigilia siguiente.

Algunos hechos que podrían fundamentar esta propuesta son:

- a) La depresión en los humanos y la desesperanza aprendida en los animales se acompaña por el incremento en la necesidad del SP (disminución en su latencia e incremento del SP en el primer ciclo de sueño) (Vogel, 1999)
- b) La actividad unitaria en el hipocampo dorsal es similar durante la vigilia activa y durante el SP en ratas. (Oniani, 2003 a y b)
- c) El SP en los animales contiene actividad PGO, la cual en vigilia se ha relacionado con actividades de orientación (Morrison 1999) y quizá el incremento o reducción de actividad PGO dependa de la cantidad de conducta de orientación durante la vigilia.

El enfoque de Rotenberg sugieren que tanto la vigilia como el SP son estados de vigilancia que tienen influencia reciproca entre si, aunque no se sabe bien a bien como funciona este mecanismo.

Al parecer la regulación emocional no ocurre sólo durante la vigilia. Corsi y cols., (2003) investigaron en humanos la correlación de la actividad electroencefalográfica y la potencia absoluta de cada banda del electroencefalograma (EEG) en relación a los reportes de ensoñaciones con el fin de establecer una correlación entre los cambios del EEG y el contenido emocional, sentimiento subjetivo de control sobre el sueño y conciencia de estar soñando. Los resultados obtenidos son consistentes con la noción de que el SP es un estado de activación generalizada de las regiones parietotemporales con la exclusión específica del sistema ejecutivo que normalmente participa en los análisis de alto orden y en la integración de la información neuronal, funciones generalmente asociadas con la corteza prefrontal dorsolateral.

Efecto de la conducta sexual sobre el sueño

A la fecha existen pocos estudios en los cuales se haya evaluado el efecto que ejerce la ejecución de la conducta sexual sobre los patrones de sueño. Se ha sugerido que la actividad sexual y su inherente activación motora incrementa la necesidad de dormir en muchas especies. Diversos estudios han observado variaciones en el sueño de ratas hembras y mujeres como una función de su estado reproductivo. Estos efectos se han correlacionado a los efectos de las hormonas esteroides (progesterona y estrógenos) sobre el sueño y sobre los procesos de neurotransmisión central relacionados al sueño, pero no a la ejecución de la actividad sexual como tal (Vázquez-Palacios y cols., 2002).

A este respecto, Boland y Dewsbury (1970) mostraron que la ejecución de conducta sexual hasta la saciedad provoca en ratas un incremento en la longitud de los periodos de sueño; asimismo, se ha reportado que la conducta sexual desplegada hasta la saciedad durante la vigilia tiende a incrementar el sueño de ondas lentas tanto en la rata (Vázquez-Palacios y cols., 2002) como en el hámster (Jiménez-Anguiano y cols., 2002) sin provocar cambios significativos en la latencia o duración del SP.

La conducta sexual de la rata macho

La conducta sexual es aquella conducta que comprende todas aquellas posturas y movimientos que permiten a una pareja aparearse, y aunado al hecho de su importancia para el mantenimiento de la especie, lleva aparejado un componente hedónico o placentero en su ejecución (Manzo-Denes y cols., 2002, Agmo, 1999)

La actividad sexual no parece basarse en una privación fisiológica bien definida, sin embargo, es clasificada como una necesidad, porque al igual que las pulsiones homeostáticas clásicas, implica el alertamiento y la saciedad. (Escobar y Aguilar, 2002)

En la rata se ha descrito que las conductas de acercamiento con el fin de tener acceso a la pareja constituyen el componente motivacional de la conducta sexual (Agmo, 1999). Esta motivación puede ser medida por paradigmas de permanencia en el lugar más cercano a donde se encuentra la pareja de interés. Si el macho logra completar la interacción sexual hasta eyaculación, se alcanza el nivel consumatorio que se instituye como un evento reforzante. De tal suerte que el sujeto está dispuesto a realizar diversas tareas o recibir castigos con tal de repetir la conducta (Agmo, 1999).

La conducta sexual en la rata macho se compone de tres actos motores estereotipados, la monta, la intromisión y la eyaculación.

En la rata, al igual que en otros roedores, la conducta sexual sigue un patrón estereotipado, el macho trepa sobre la grupa de la hembra, sujeta y palpa sus flancos con las patas delanteras y realiza movimientos pélvicos rítmicos y alternantes; si esta acción no se acompaña de inserción penénea intravaginal se denomina conducta de monta, la cual termina con una desmonta lenta. En las conductas de intromisión ocurre la inserción penénea intravaginal, se inicia como las montas, pero la serie de

movimientos pélvicos termina con un movimiento pélvico profundo hacia delante, seguida por una desmonta brusca y 2 o 3 pasos hacia atrás.

Después de una cantidad variable de montas e intromisiones, las cuales ocurren regularmente con un espaciamiento temporal característico, se presenta la conducta de eyaculación. Su expresión incluye una monta con inserción penéana intravaginal que se asocia con un movimiento pélvico más profundo que el de intromisión, durante el cual el macho eleva las patas delanteras y realiza flexiones repetidas de los cuartos traseros. El macho no da un paso hacia atrás, sino que se mantiene en el mismo lugar. Después de la eyaculación el macho permanece insensible a la estimulación sexual y deja de interesarse por la hembra, a este periodo se le denomina intervalo posteyaculatorio y termina cuando el macho reanuda la actividad copulatoria.

Conductualmente, se observa que la rata macho después de la eyaculación permanece recostada sobre sus cuatro miembros con la cabeza levantada, pero casi sin moverse, asemejando un estado de descanso o relajación, mientras que después de las intromisiones, su conducta es de alerta y generalmente realiza movimientos de orientación y persecución de la hembra, así como el acicalamiento genital, es decir muestra un estado activado.

Mediante registros de la actividad eléctrica de la corteza frontal y del hipocampo, se ha mostrado que el estado posteyaculatorio se caracteriza por una actividad de ondas lentas de alta amplitud que se ha asociado a conductas de relajación o placenteras, tal como la actividad eléctrica que caracteriza al sueño lento y a la actividad cortical presente tanto en ratas hembras como en mujeres mientras lactan a sus hijos (Kurtz y Adler, 1973, Cervantes y Meyer, 1975, Hernández-González y cols., 1998).

Por otro lado, las conductas de monta, intromisión y eyaculación se han asociado con la aparición de ondas rápidas de bajo voltaje (en el rango de los 18 a 24

Hz), es decir, un estado cortical activado (Hernández-González y cols., 1998).

Cuando a las ratas macho se les suspende la interacción sexual, al retirar a la hembra, el macho realiza conductas de búsqueda continuas. Esta suspensión de la conducta sexual altera el curso temporal de la interacción copulatoria, pues si se regresa la hembra al macho, éste tiende a eyacular más rápido que si se le hubiera dejado copular libremente (Larsson, 1956), es decir, el macho experimenta un aumento de la excitación general que resulta en una aceleración del patrón eyaculatorio. Se ha mostrado que ésta suspensión temporal de la interacción sexual, además de reducir el número de intromisiones, causa trastornos generales de la conducta, incluyendo intranquilidad, hiperactividad, excitación y agresión entre machos. Estos síntomas se han considerado como índices de un estado de ansiedad del macho, (Fernández-Guasti y cols, 1989) implicando así, una situación anímica negativa, contrario al estado recompensante y relajado que se experimenta después de la eyaculación.

Fernández-Guasti y cols (1989) han mostrado que la eyaculación en la rata reduce los niveles de ansiedad, medida con el paradigma de la conducta de enterramiento. Este comportamiento implica que la rata apila el aserrín de su caja habitación sobre un dispositivo que al tocarlo le aplica un choque eléctrico. Entre más tiempo y más material apile más ansioso se encuentra el animal. Los resultados que obtuvieron indican que las ratas que eyaculaban, mostraron una reducción en la conducta de enterramiento.

En otro experimento realizado por el mismo autor (1990) se evaluó el efecto de diversos fármacos ansiolíticos sobre la conducta sexual de la rata, encontraron que después de someter a cada rata macho a un tratamiento con ansiolíticos, aún cuando a los machos se les había retirado a las hembras repetidamente antes de que eyacularan, no presentaron cambios en el número de intromisiones ni en la rapidez de la eyaculación, interpretando estos resultado como un indicador de la disminución de la ansiedad en estos sujetos.

La amígdala.

La amígdala es una estructura subcortical que junto con el cíngulo anterior, el septum y el hipotálamo, entre otras estructuras, constituyen el sistema límbico, cuya función preponderante se relaciona con el procesamiento de las emociones.

La amígdala de los primates está localizada en la región anteromedial del lóbulo temporal, donde yace ventromedial al estriado y anterior a la región ventral de la formación hipocámpica, Tienen una ubicación similar en no primates, como el gato o la rata. La amígdala en todos los mamíferos es anatómicamente compleja, consiste de numerosos núcleos que a menudo se fusionan con otros núcleos vecinos, así como con regiones adyacentes que no pertenecen a la amígdala (McDonald, 1998). La amígdala ha sido dividida tradicionalmente en dos grandes grupos, el grupo corticomedial y el grupo basolateral. El grupo corticomedial comprende al núcleo central, medial y a los núcleos corticales, mientras que el grupo basolateral o amígdala basolateral (ABL) se compone del núcleo basal, el núcleo basal accesorio y núcleo lateral.

El núcleo basolateral de la amígdala recibe aferencias de algunos núcleos tálamicos y de algunas áreas de la corteza de asociación, mientras que el núcleo central medial es la salida principal para las respuestas relacionadas con el condicionamiento por miedo y proyecta hacia el hipotálamo y hacia regiones del tallo cerebral implicadas en la elaboración de reacciones autonómicas que son parte de la respuesta emocional (Steriade, 2003)

Una de las principales conexiones que establece la ABL es con la corteza prefrontal (CPF), en especial con la corteza orbitofrontal (COF) (McDonald, 1998, Ongür y Price, 2000) y el hipocampo, en particular el área CA1 (Pitkänen, 2000).

Algunas de la funciones que se le han adjudicado a la ABL son las relacionadas con la consolidación de los recuerdos olfativos (Kilpatrick y Cahill, 2003) y

en el aprendizaje que asocia un estímulo con una respuesta aversiva o reforzante (Blundell y cols., 2001). En este sentido se ha reportado que la ABL de la rata muestra una mayor activación unitaria durante estímulos aversivos (Schoenbaum y cols., 1998) y que ciertos estímulos aversivos son más susceptibles de ser percibidos si se estimula la ABL, lo que a su vez produce un aumento en la actividad de la corteza frontal. (Dringenberg, 2001).

Las investigaciones de Maquet (1996) y Nofzinger (1997) utilizando imagenología (Tomografía por Emisión de Positrones) reportan que durante el sueño paradójico las regiones que muestran activación sobresaliente son, entre otras, la COF y la amígdala.

A este respecto, como se muestra en las figuras 2 y 3, la amígdala, en particular los núcleos basal y basal accesorio reciben y envían proyecciones al núcleo CA1 del hipocampo, sitio en donde se registra el ritmo theta que aparece durante el SP, a su vez los núcleos laterales y basales están involucrados en la regulación de la actividad PGO o se ven influenciados por ésta (Calvo y cols, 1984, 1987,1995) quizá por las innervaciones que reciben del área parabraquial (Figura 2 y 3). Por otra parte, parece que la modulación del sueño por parte del núcleo del raphe dorsal es parcialmente regulada por las proyecciones que envía hacia la amígdala basolateral (Gao, J. y cols., 2002)

La actividad PGO se asocia con la regulación de los fenómenos fásicos del SP, tales como los movimientos oculares, las sacudidas mioclónicas en la cara y las extremidades, así como intensas fluctuaciones neurovegetativas, que asemejarían cambios asociados con la experiencia emocional, esta suposición no estaría tan errada si se toma en cuenta la influencia que la actividad PGO ejerce sobre la amígdala durante el sueño (Ioannides, 2004).

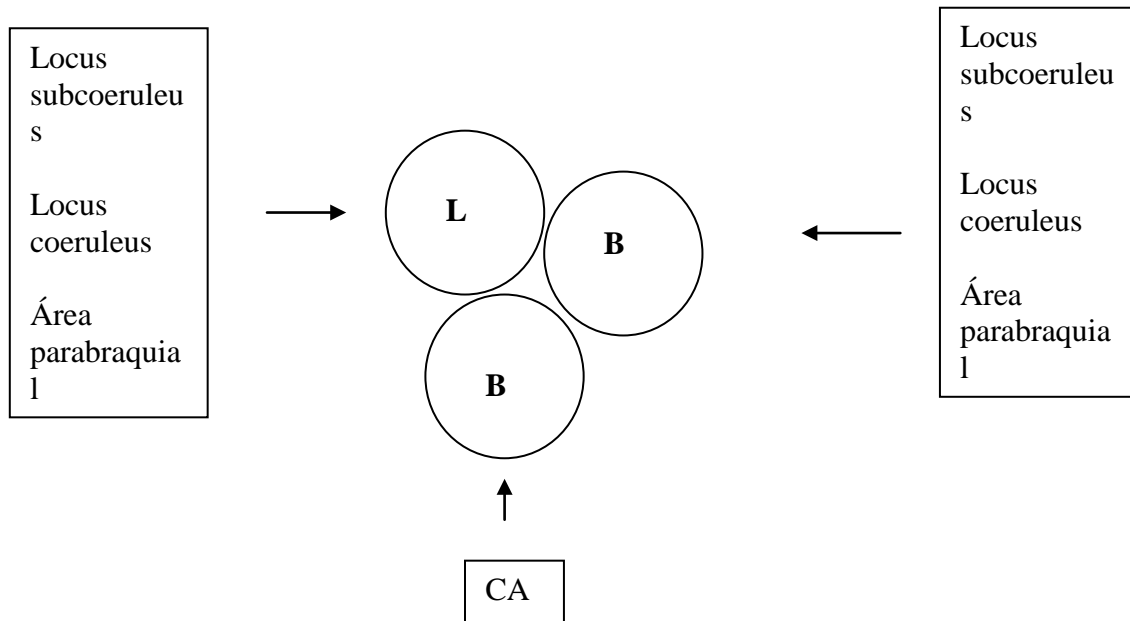


Figura 2. Representación de las aferencias que recibe el núcleo basolateral de la amígdala que están involucradas con estructuras relacionadas con el sueño (Pitkänen, 2000). Abreviaciones: L núcleo lateral, B núcleo basal, BA núcleo basal accesorio.

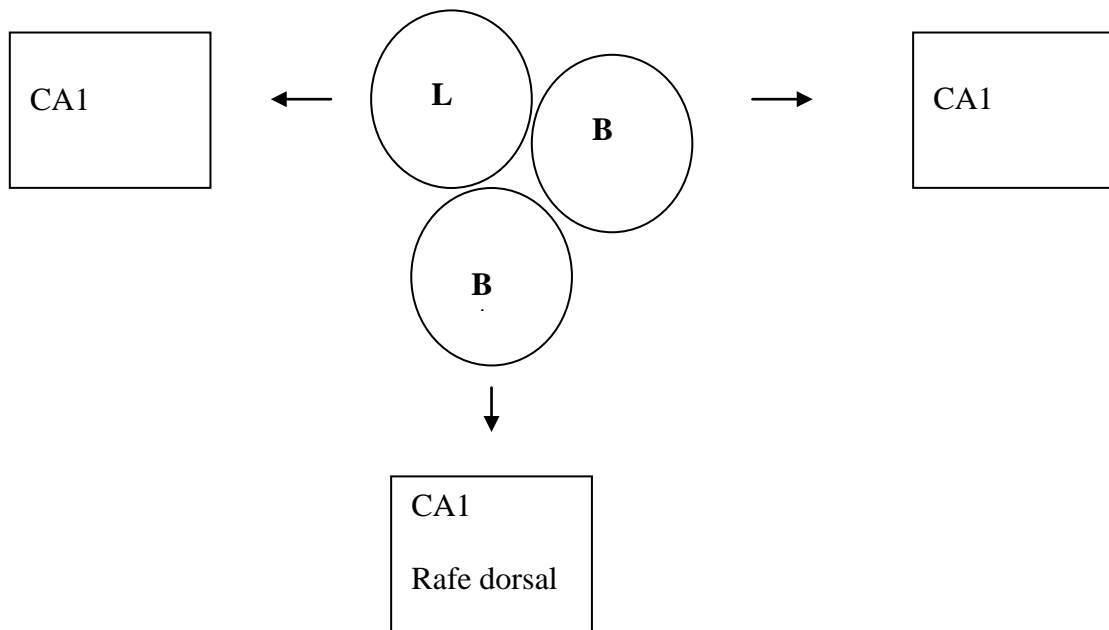


Figura 3. Representación de las eferencias que envía el núcleo basolateral de la amígdala hacia estructuras relacionadas con el sueño (Pitkänen, 2000). Abreviaciones: L núcleo lateral, B núcleo basal, BA núcleo basal accesorio.

La corteza prefrontal.

Después de los estudios de Brodmann sobre la citoarquitectura de la corteza prefrontal, ésta se consideró como una región única de los primates que se conoció con el nombre de “corteza frontal granular”. La definición de la corteza prefrontal en esa época se basó en la citoarquitectura de la capa IV granular localizada rostral a las regiones premotoras y motoras agranulares. Sin embargo, el criterio citoarquitectónico resultó insostenible, al realizar comparaciones entre especies.

Las conexiones talamocorticales son importantes para la diferenciación y especialización cortical. Las conexiones recíprocas con núcleos tálamicos son por lo tanto importantes para definir las regiones que forman la corteza cerebral. Rose y Woosley (1948), con base en diferentes estudios anatómicos, consideraron al núcleo medio dorsal del tálamo como un “núcleo de definición”, de tal forma que definieron a la CPF como aquella región cortical que recibe conexiones del tálamo medio dorsal. Sin embargo, el desarrollo de mejores técnicas de tinción tanto retrograda como anterograda han mostrado que el núcleo tálamico mediodorsal no es el único que innerva a la corteza prefrontal, y aunado al hecho de que el núcleo tálamico mediodorsal innerva no sólo a la corteza prefrontal sino a la región premotora, motora, parietal y temporal de la corteza, se ha propuesto entonces definir a la corteza prefrontal como aquella región cortical que posee más conexiones recíprocas y densas con el núcleo tálamico mediodorsal que otras regiones de la corteza (Uylings y cols., 2003).

Si se utiliza la definición de 1948 de Woosley y Rose de la corteza prefrontal como aquella corteza que recibe inervaciones del núcleo medio dorsal del tálamo, entonces se pueden identificar varias regiones corticales frontales distintivas en la rata:

El área del cíngulo anterior (Cg1, Cg2, Cg3).

El área infralímbica (IL).

El área orbital (OM, OL, OV).

El área insuloagranular (IAd, IAv).

El área precentral (Fr2).

La corteza orbitofrontal es la corteza que se encuentra sobre la superficie del lóbulo frontal que cubre la superficie ventral de este lóbulo. (Öngur y Price., 2000)

La corteza orbitofrontal parece estar implicada en el uso estratégico de la información aprendida por asociación (Schoenbaum y cols, 2001a, 2003); permite resolver problemas que tienen que ver con el cambio en el valor incentivo de un estímulo (aprendizaje invertido) (Schoenbaum y cols., 2000, McAlonan y Brown, 2003); se asocia también con la previsión del valor incentivo de un estímulo de acuerdo a las experiencias previas (Gallagher y cols., 1999).

Tenemos entonces que son dos las características de codificación en la región orbitofrontal La primera de estas características es la organización de las acciones de acuerdo al valor incentivo de los estímulos recibidos. La segunda característica es la que tiene relación con la memoria de trabajo que permite obtener y manipular la información que no está presente en el momento en que se realiza una tarea. (Schoenbaum, 2001b)

La relación que podrían establecer la ABL y la corteza orbitofrontal se muestra en el experimento de Schoenbaum y colaboradores (2000) en el que un grupo de ratas son sometidas a una serie de experimentos en los que les enseñan a un grupo de estos roedores a asociar un sonido con la administración de agua azucarada (estímulo placentero) y otro sonido con la administración de quinina (estímulo displacentero). Una vez que las ratas aprenden, sólo acuden hacia el dispositivo que les administra agua azucarada después de que escuchan el sonido con el que este sabor está emparentado, y no responden al sonido que coincide con la administración de quinina. Después los investigadores invierten el valor de los sonidos de manera que el que antes se relacionaba con el agua azucarada pasa ahora a ser el de la quinina y viceversa. Lo que encuentran después de lesionar la amígdala basolateral o la corteza

orbitofrontal es que al parecer, una y otra estructura realizan labores que se complementan al aprender el valor incentivo de un estímulo. La función del núcleo amígdalino basolateral sería el de almacenar el valor incentivo de la relación entre el estímulo y el estado emocional que produce, ya sea placentero o displacentero, pero sería incapaz de darse cuenta de que el valor incentivo ha cambiado, por otra parte la corteza orbitofrontal tendría a su cargo el monitoreo del valor incentivo de un estímulo y ser capaz de saber cuando esta relación ha cambiado o invertido, permitiendo al individuo utilizar esta información de modo estratégico.

Con respecto al sueño y la COF, además de los trabajos de imagenología se ha reportado actividad theta en la COF durante el SP en pacientes con epilepsia (Uchida y cols., 2001).

Con base en la información recopilada hasta aquí, el propósito de este proyecto es investigar si una experiencia recompensante como la cópula con eyaculación (CE) y una experiencia no recompensante como la cópula interrumpida (CI) (sólo 2-3 intromisiones) podrían afectar la actividad eléctrica de dos estructuras que funcionalmente se han implicado en el procesamiento de las conductas motivo-emocionales. El efecto que pudieran ejercer estas experiencias sobre la funcionalidad electroencefalográfica del circuito cortico-amígdalino proporcionaría información que tal vez permitiría entender hasta que punto el SP podría participar en un proceso de homeostasis emocional, hipótesis que ya ha sido planteada por Rotenberg y Arschavsky (Rotenberg, 2000).

Planteamiento del problema.

Varios estudios tanto en humanos como en animales, han mostrado que las experiencias vividas durante la vigilia afectan tanto la duración como la latencia del SP, por lo que se ha propuesto que una de las estrategias que utiliza el sistema nervioso para hacer frente a situaciones estresantes o desagradables es su procesamiento durante el sueño paradójico.

En el procesamiento de las experiencias emocionales y motivadas participan diversas estructuras del sistema límbico, entre ellas la amígdala y la corteza orbitofrontal, que tienen un papel importante en el almacenamiento y la modulación del valor incentivo de los estímulos. Además hay estudios en donde se observa una activación o cambios funcionales en ambas estructuras con relación a estados emocionales y al sueño paradójico.

De las diferentes conductas motivadas, la ingesta de agua y alimento, así como la conducta sexual, implican un componente hedónico o placentero (recompensante), de modo que el impedir la consumación provoca situaciones displacenteras (no recompensantes). Ya que la conducta sexual es una conducta motivada donde la eyaculación representa un evento hedónico altamente reforzante, este estudio pretende determinar si una experiencia sexual recompensante (hasta la eyaculación) y una experiencia no recompensante (supresión brusca de la cópula, evitando la eyaculación) se asocia con cambios en la actividad eléctrica de la corteza orbitofrontal y de la amígdala basolateral durante el SP, y durante la vigilia posterior a la experiencia y posterior al SP. Si el SP cumple una función homeostática con respecto a las experiencias motivacionales, se esperan cambios en la potencia y en la correlación de las señales EEG, que podrían relacionarse con el procesamiento de la información emocional durante este estado de sueño y probablemente con un probable papel homeostático del SP en respuesta a la experiencia no recompensante.

Objetivo general

Determinar si la actividad eléctrica de la corteza orbitofrontal y de la amígdala medial presenta cambios durante el SP y vigilia posterior a la vivencia de una experiencia sexual recompensante (cópula hasta Eyacuación, CE) y una no recompensante (cópula interrumpida, sólo con Intromisión, CI), y si estos cambios de la vigilia son revertidos después del SP.

Objetivos particulares

a) Determinar si la potencia relativa de la orbitofrontal y de la amígdala medial presenta cambios característicos durante la vigilia y el SP, previos y posteriores a la vivencia de una experiencia sexual hasta eyacuación (CE) o cópula interrumpida (CI).

b) Analizar las correlación Inter- e intrahemisférica de la COF y de la ABL durante la vigilia previa y posterior a la CE y CI, así como en la vigilia posterior al SP de cada experiencia sexual en la rata macho adulta sexualmente experta.

c) Analizar las correlaciones inter e intrahemisférica de la actividad eléctrica de la COF y de la ABL durante el SP previo y posterior a la CE y CI en la rata macho adulta sexualmente experta.

Hipótesis general

La funcionalidad del circuito de la COF y de la ABL, valorada mediante la correlación y el análisis espectral de las frecuencias eléctricas entre ambas estructuras, presentará cambios característicos en la vigilia y en el SP, posteriores a experiencias sexuales recompensantes y no recompensantes, así como en la vigilia posterior al sueño, determinando una respuesta homeostática a la experiencia motivada.

Hipótesis particulares

a) La experiencia sexual de ambos tipos, recompensante y no recompensante, se asociará con la modificación de la actividad eléctrica durante la vigilia posterior a la experiencia, pues ya han sido reportados cambios en las frecuencias lentas en el periodo posteyaculatorio y activación cortical después de la monta e intromisión.

b) Si el SP cumple una función homeostática con respecto a las experiencias motivacionales, se esperan cambios en la potencia y en la correlación, que podrían relacionarse con el procesamiento de información durante este estado de sueño.

Método

Sujetos

Se utilizaron 8 ratas macho adultas de la cepa Sprague-Dawley, con un peso entre 250 a 300 g que se mantuvieron en el bioterio del Instituto de Neurobiología de la UNAM, en un ciclo de luz oscuridad (12:12 con luz a las 8: 00 a.m.), permaneciendo a una temperatura de 24 ± 2 °C con agua y comida *ad libitum*. Sólo se incluyeron ratas macho sexualmente expertas, es decir, aquellas que lograron la eyaculación en un tiempo menor a 15 minutos por lo menos en tres pruebas de conducta sexual.

Implante de electrodos.

Al tiempo de la cirugía los animales pesaban entre 450 y 470 g. Estos fueron anestesiadas con pentobarbital sódico (1ml/kg, ip), y utilizando la técnica estereotáxica, se colocaron electrodos monopares de acero inoxidable en la corteza orbitofrontal (COF) izquierda y derecha (3.2 mm anterior a Bregma, 2.8 mm lateral a la línea media y 5.2 mm por debajo de la duramadre), así como en la amígdala basolateral (ABL) (2.8 mm posterior a bregma, 4.8 lateral a la línea media y 8.4 mm por debajo de la duramadre) siguiendo las coordenadas del atlas de Paxinos y Watson (1997). Se colocaron además dos electrodos monopares en los músculos dorsales del cuello, así como un tornillo de tierra y referencia que se ubicó detrás de lambda, sobre el hueso occipital. Todos los electrodos se acoplaron a un conector montado sobre el cráneo del animal y tal conector se fijó al cráneo con acrílico dental. Los electrodos se elaboraron con alambre de acero inoxidable (300 micras de diámetro) barnizados en toda su extensión excepto en la punta, donde quedó descubierta la superficie de su sección transversal.

Pruebas de conducta sexual

General. Todos los registros de conducta sexual se llevaron a cabo en una arena cilíndrica de pexiglas (70 cm. de diámetro y 65 cm. de altura). El macho fue colocado en la arena por espacio de cinco minutos antes de que la hembra fuera introducida con la finalidad de adaptarlo al entorno. Para estas pruebas se utilizaron hembras estímulo ovariectomizadas, inyectadas con 15 µg de benzoato de estradiol (Sigma, México) subcutáneo, 48 horas antes de las pruebas de conducta sexual, y progesterona (Aldrich, México) 60 mg, cuatro horas antes del registro de conducta sexual.

Cópula con eyaculación (CE)

En la experiencia sexual *ad libitum* el macho tuvo acceso libre y constante a la hembra hasta que alcanzó la primera eyaculación. Se registraron los siguientes parámetros: latencia de monta e intromisión (tiempo en minutos desde la introducción de la hembra en la arena de prueba hasta la ejecución de la primera monta o intromisión), latencia de eyaculación (tiempo en minutos desde la primera intromisión hasta la eyaculación) y número de montas e intromisiones antes de la eyaculación.

Cópula interrumpida (CI)

En esta condición, solamente se le permitió al macho llevar a cabo 3 intromisiones evitando la eyaculación al serle retirada la hembra. De modo que en esta prueba los parámetros que se registraron fueron solamente la latencia de monta e intromisión y el número de montas.

Registros Electroencefalográficos

Todos los registros electroencefalográficos y conductuales iniciaron a las 9:30 a.m. y terminaron aproximadamente a las 18:30 p.m. Después del periodo de recuperación post cirugía, tres o cuatro días antes de llevar a cabo los registros experimentales, cada rata fue colocada en una cámara sonoamortiguada y faradizada ubicada en un cuarto a

su vez sonoamortiguado y faradizado con la finalidad de permitir la habituación de los animales a las condiciones de registro y al cable de conexión por un periodo no menor a 12 horas. El día de registro cada macho se colocó dentro de la cámara y fue conectado a un polígrafo con el objeto de registrar la actividad eléctrica de la COF y de la ABL durante la vigilia y el SP en el estado basal, cuatro horas antes de cada prueba sexual. Inmediatamente después el macho fue desconectado y colocado en la arena de prueba para ser sometido a cualquiera de las dos experiencias sexuales: cópula hasta eyaculación (CE) o cópula interrumpida (CI). Cuando la prueba sexual concluyó el macho fue conectado nuevamente al polígrafo y la actividad eléctrica de ambas estructuras fue registrada durante cuatro horas con lo que se obtuvieron periodos de vigilia y de sueño posteriores a la experiencia sexual. Todos los animales fueron sometidos a ambas pruebas sexuales de manera contrabalanceada. El periodo entre una experiencia sexual y la otra fue de 5-7 días.

Registro del EEG

Las salidas de todos los electrodos de registro de la actividad eléctrica cerebral estuvieron conectados a los dispositivos de entrada de un polígrafo Grass 7B, del cual, las señales una vez amplificadas y filtradas pasaron a un convertidor analógico digital (modelo PCL-812) que funcionó como interfase hacia una microcomputadora, donde se instalaron programas computacionales elaborados ex-profeso para la captura simultánea del EEG (CAPTUSUE) de las dos estructuras cerebrales (COF y ABL). La captura del registro electroencefalográfico se realizó a una frecuencia de muestreo de 1024 Hz, en épocas de 2 segundos. El filtro pasa bajas estuvo situado en 30 Hz y el pasa altas en 1 Hz.

En los sujetos que fueron sometidos a cópula hasta eyaculación (CE), se capturaron segmentos de EEG en las siguientes condiciones:

- a) VQ basal antes de la CE (VB)
- b) SP basal antes de la CE (SPB)

- c) VQ posterior a la CE (VPE)
- d) SP posterior a la CE (SPPE)
- e) VQ posterior al SP de los sujetos con CE (VPSPE).

Mientras que en los sujetos que fueron sometidos a cópula interrumpida (CI), se capturaron segmentos de EEG en las siguientes condiciones:

- f) VQ basal antes de la CI (VB)
- g) SP basal antes de la CI (SPB)
- h) VQ posterior a la CI (VPI)
- i) d) SP posterior a la CI (SPPI)
- j) e) VQ posterior al SP de los sujetos con CI (VPSPI)

Análisis del EEG

Las señales EEG correspondientes a cada una de las condiciones antes mencionadas, se sometieron a análisis con un programa computacional (POTENCOR, Guevara & cols. 2003), que aplica la Transformada Rápida de Fourier (TRF) y que permite obtener la potencia relativa, la potencia absoluta y la correlación (producto momento de Pearson) de cada una de las frecuencias del EEG en el rango de 4 a 21 Hz.

Análisis histológico

Al final del experimento los animales recibieron una sobredosis de pentobarbital. El sistema circulatorio se lavó por infusión intracardiaca de solución salina isotópica (0.9%), después se administró una solución de buffer de paraformaldehído al 5.0% para fijar el cerebro, el cual se extrajo y almacenó en la solución fijadora al menos durante dos semanas. Se realizaron cortes coronales de 80 micras en el micrótopo, los cuales fueron teñidos con violeta de cresilo. La inspección con un microscopio de luz permitió verificar el sitio del implante

Análisis estadístico

El análisis estadístico del EEG fue limitado al rango de 4-21 Hz., ya que las frecuencias más bajas tienen una alta probabilidad de contaminación por movimiento del cable. Los datos EEG de las diferentes condiciones de vigilia y sueño paradójico fueron analizados por separado. Para comparar los valores de potencia relativa y de correlación electroencefalográfica de cada sujeto en las diferentes condiciones se aplicaron análisis de varianza de 1 factor para grupos correlacionados, seguida de pruebas de Tukey, considerándose significativas con $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

Resultados histológicos

Se implantaron un total de 15 animales, de los cuales se descartaron aquellos sujetos que perdieron el implante o al verificar la ubicación no estaban las puntas de los electrodos en la posición correcta. En la mayoría de los casos, la ubicación de la punta de los electrodos fue simétrica. En la COF los electrodos estuvieron localizados entre 2.70 y 1.70 anterior a Bregma; en la ABL la punta de los electrodos estuvo ubicada entre -2.80 y -3.60 posterior a bregma.

Resultados conductuales

La ejecución copulatoria de los sujetos implantados a permanencia en la COF y en la ABL fue similar a aquella mostrada por los sujetos antes de la cirugía. Se midió la latencia de monta y de intromisión tanto en los sujetos que copularon hasta la eyaculación como en los que fueron sometidos a cópula interrumpida, así como el número de montas para los sujetos mencionados. No se encontraron diferencias significativas entre las condiciones (ver tabla 1).

TABLA 1. Parámetros de ejecución copulatoria.

	CE	CI	n
L M	109.1 ± 27.4	54.1 ± 19.7	8
L I	103.7 ± 33.7	80 ± 36.8	8
NM	33.2 ± 23.3	28.2 ± 23.8	8
NI	10.2 ± 1.01		8
LE	1011.3 ± 393.5		

Media ± error estándar de las latencias (seg.) y número de montas e intromisiones en los sujetos con cópula hasta eyaculación (CE) y cópula interrumpida (CI). t de student a una $p < 0.05$ bilateral, con 7 gl
Abreviaturas: LM: latencia de monta; LI: latencia de intromisión; NM: número de montas; NI: número de intromisiones; LE: latencia de eyaculación, n: número de sujetos.

Resultados electroencefalográficos.

De los 15 sujetos implantados se eliminaron aquellos en donde la localización de los electrodos no correspondía con los de las estructuras deseadas y en los que se identificaron artefactos durante los registros, de modo que al final solamente 8 sujetos reunieron los criterios deseados. Los resultados hacen énfasis en el análisis espectral de la potencia relativa por frecuencias y en la correlación tanto inter como intrahemisférica,

Vigilia

Potencia relativa

COFi La VPSPE fue la condición en la que se presentaron la mayoría de diferencias con respecto a la vigilia-basal y a la vigilia de otras condiciones. Las diferencias se encontraron en las frecuencias incluidas en la banda theta, específicamente en los 5, 9 y 12 Hz. La PR se incrementó en esta condición respecto a la vigilia-basal conforme las frecuencias se hacían más rápidas, es decir, a los 5 Hz. ésta fue menor, mientras que a los 9 y 12 Hz. se incrementó. Durante la VPSPE se presentó una menor PR a los 5 Hz. con respecto a la VB, VPE y VPSPI y una mayor PR a los 9 Hz. con respecto a la VB y la VPSPI. A los 12 Hz. la VPSPE también mostró un incremento de la PR con respecto a la VB. La VPE solamente presentó un incremento de la PR a los 9 Hz. cuando se comparó con la VB. (Fig. 4a, tabla 1).

COFd Al igual que en la COFi la VPSPE fue la condición que al ser comparada presentó más diferencias significativas sobre todo en las frecuencias propias de la banda de theta, en este caso 6, 7 y 9 Hz. A diferencia de la COFi en la COFd la PR durante la VPSPE sufrió una reducción en las frecuencias mencionadas, de la siguiente manera, a los 6 Hz disminuyó con respecto a la VPE y la VPSPI, mientras que a los 7 y a los 9 Hz disminuyó con relación a la VPE. (Fig. 1b, tabla 2) Otras condiciones que no mostraron diferencias en la COFi pero si en la COFd fueron la VPI y la VPE que mostraron una menor PR con respecto a la VB a los 8 y a los 19 Hz respectivamente. (Fig. 4b, tabla 1).

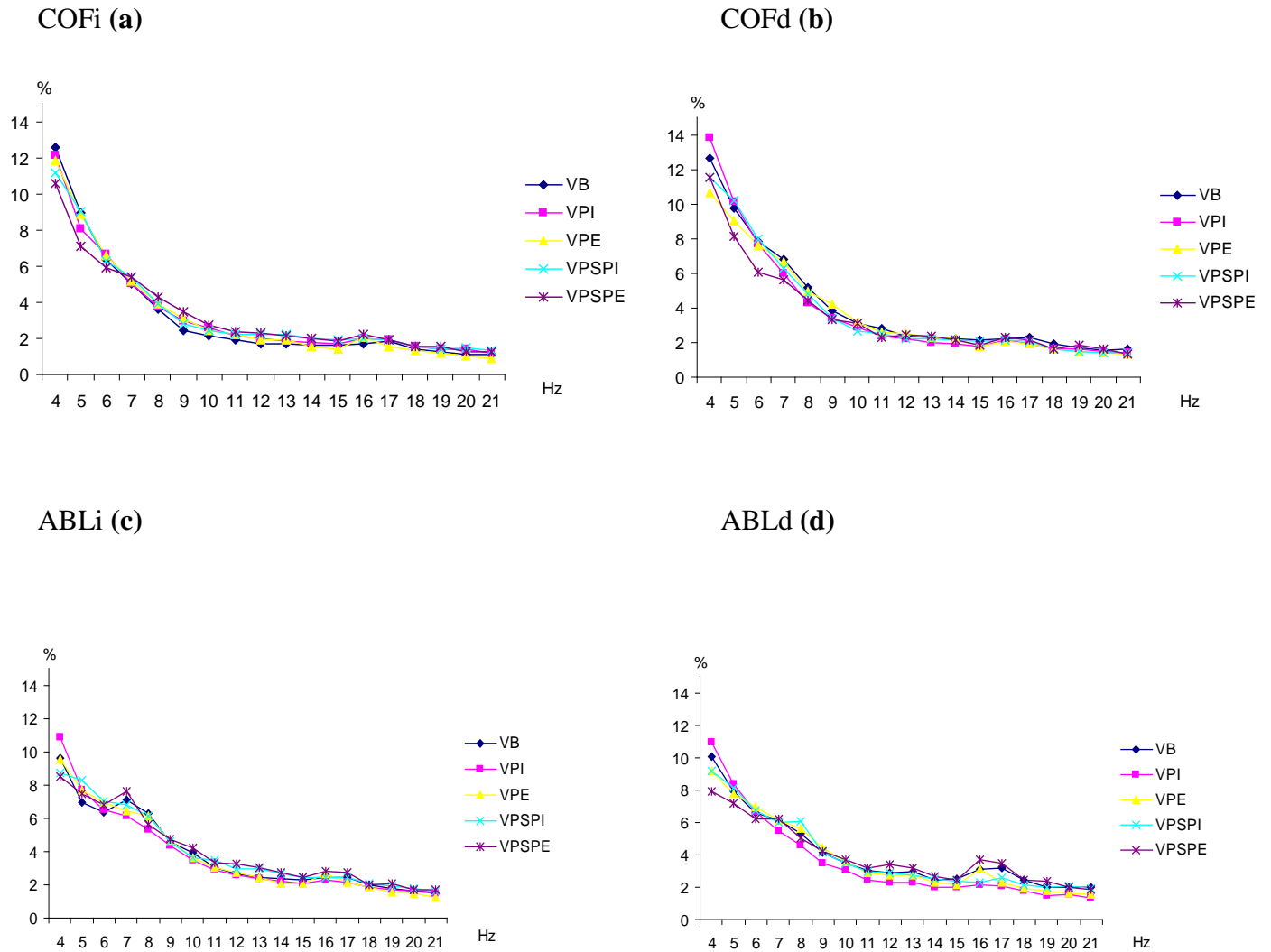
ABLi La VPSPE mostró una menor PR a los 4 Hz respecto a la VPI y a la VPE, en tanto que a los 8 Hz sólo respecto a la VB. Sin embargo, la vigilia PEPSP presentó una mayor PR a los 9 Hz respecto a la VPI y a los 10 Hz respecto a la VPI y a la vigilia VPSPI. A los 12 Hz se presentó también una mayor PR durante la VPSPE respecto a la VB y finalmente a los 13 Hz, la PR se incrementó durante la VPSPE respecto a la VB, a la VPI y a la VPE. *Durante la VPSPI*, se presentó un decremento de la PR de los 4 Hz respecto a la VPI, en tanto que a los 5 Hz aumentó la PR respecto a la VB, y a los 13 Hz respecto a la VB, a la VPI y a la VPE. *La VPI* presentó un decremento de la PR de los 7 y 8 Hz respecto a la VB respectivamente (Fig. 4c, tabla 1).

ABLd Presentó un comportamiento muy similar al de la ABLi. La VPSPE presentó una menor PR en la frecuencia de 4 Hz. respecto a la VB, a la VPI y a la VPE, así como una menor PR a los 5 Hz. respecto a la VPI. Sin embargo, a partir de los 11 Hz durante la VPSPE se observó un incremento de la PR respecto a la VPI y a la VPE; a los 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20 y 21 Hz. respecto a la VPI; a los 18 y 19 Hz. otra vez respecto a la VPE; y sólo a los 17 Hz. respecto a la VPSPI. Por último en la VPI se observó una disminución de la PR a los 9, 19 y 21 Hz. con respecto a la VB, esta reducción se mantuvo al comparar la VB con respecto a la VPE a los 19 y 20 Hz. (Fig. 4d, tabla 1).

En términos generales, se observa que tanto la ABLi como la ABLd muestran una menor PR de frecuencias bajas y una mayor PR de frecuencias rápidas durante la VPSPE respecto a la VB y otras condiciones.

Figura 4.

POTENCIA RELATIVA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE LA VIGILIA PREVIA Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.



Medias de la potencia relativa (%) de las diferentes frecuencias EEG en la COFi (a), COFd (b), ABLi (c), ABLd (d) durante las diferentes condiciones: VPB: vigilia basal, VPI: vigilia postintromisión, VPE: vigilia posteyaculación, VPSPI: vigilia postsueño paradójico postintromisión, VPSPE: vigilia postsueño paradójico posteyaculación.

TABLA 2

POTENCIA RELATIVA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE LA VIGILIA PREVIA Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.

COFi (a)

FREC (Hz)	VB	ee	VPI	ee	VPE	ee	VPSPi	ee	VPSPE	ee
4	12.598	1.08	12.116	0.96	11.824	0.75	11.133	0.92	10.557	0.6
5	8.921	0.55	8.059	0.37	8.844	0.5	9.005 ^g	0.41	7.12 ^{e,f,g}	0.36
6	6.387	0.56	6.633	0.36	6.564	0.29	6.27	0.12	5.948	0.16
7	5.026	0.27	5.057	0.51	5.186	0.55	5.395	0.19	5.36	0.08
8	3.614	0.35	3.797	0.5	3.913	0.54	3.928	0.21	4.26	0.04
9	2.463	0.29	2.985	0.35	3.107 ^b	0.42	2.842	0.13	3.47 ^{e,g}	0.1
10	2.16	0.28	2.563	0.29	2.46	0.37	2.452	0.3	2.758	0.09
11	1.915	0.24	2.108	0.3	2.216	0.35	2.192	0.24	2.38	0.05
12	1.705	0.23	1.99	0.31	1.916	0.3	2.246	0.24	2.305 ^g	0.11
13	1.708	0.25	1.843	0.31	1.888	0.38	2.188	0.29	2.165	0.12
14	1.62	0.25	1.737	0.25	1.54	0.26	1.961	0.22	2.016	0.11
15	1.654	0.28	1.718	0.29	1.408	0.21	1.927	0.22	1.828	0.14
16	1.697	0.32	1.978	0.3	2.062	0.47	1.974	0.25	2.188	0.23
17	1.835	0.42	1.912	0.39	1.515	0.28	1.898	0.18	1.951	0.2
18	1.434	0.28	1.569	0.28	1.347	0.22	1.539	0.25	1.579	0.14
19	1.273	0.24	1.431	0.28	1.204	0.25	1.439	0.24	1.533	0.26
20	1.086	0.19	1.369	0.28	1.042	0.2	1.453	0.32	1.235	0.23
21	1.093	0.22	1.217	0.25	0.903	0.15	1.328	0.32	1.232	0.21

COFd (b)

FREC (Hz)	VB	ee	VPI	ee	VPE	ee	VPSPi	ee	VPSPE	ee
4	12.613	1.88	13.815	1.67	10.667	0.65	11.55	0.98	11.551	0.85
5	9.721	0.95	10.139	1.2	9.045	0.49	10.231	1.12	8.112	0.25
6	7.824	0.67	7.662	0.6	7.614	0.32	7.98	0.5	6.068 ^{i,g}	0.46
7	6.786	0.42	6.009	0.38	6.664	0.36	6.309	0.45	5.583 ⁱ	0.36
8	5.163	0.23	4.289 ^g	0.32	4.964	0.33	4.798	0.25	4.438	0.35
9	3.84	0.25	3.424	0.29	4.227	0.32	3.422	0.33	3.316 ⁱ	0.21
10	3.115	0.21	2.878	0.25	3.213	0.25	2.67	0.26	3.116	0.15
11	2.844	0.27	2.397	0.24	2.62	0.24	2.49	0.29	2.324	0.12
12	2.373	0.2	2.197	0.27	2.484	0.27	2.25	0.28	2.444	0.18
13	2.277	0.18	1.989	0.22	2.291	0.25	2.226	0.26	2.335	0.21
14	2.241	0.2	1.928	0.23	2.208	0.26	2.108	0.28	2.107	0.22
15	2.148	0.15	1.764	0.2	1.745	0.22	2.067	0.21	1.851	0.2
16	2.239	0.28	2.144	0.16	2.058	0.31	2.151	0.28	2.267	0.29
17	2.309	0.28	1.91	0.09	1.925	0.27	2.078	0.18	2.116	0.28
18	1.951	0.19	1.659	0.14	1.638	0.26	1.607	0.16	1.613	0.24
19	1.698	0.14	1.611	0.16	1.444 ^b	0.23	1.468	0.18	1.85	0.43
20	1.578	0.16	1.476	0.15	1.384	0.24	1.435	0.21	1.606	0.45
21	1.63	0.17	1.378	0.2	1.296	0.25	1.427	0.21	1.341	0.33

ABLi (c)

FREC (Hz)	VB	ee	VPI	ee	VPE	ee	VPSPi	ee	VPSPE	ee
4	9.581	0.68	10.828	0.7	9.564	0.3	8.75 ^h	0.51	8.466 ^{h,i}	0.16
5	6.978	0.3	7.654	0.42	7.667	0.61	8.304 ^d	0.72	7.498	0.2
6	6.389	0.37	6.508	0.48	6.976	0.44	7.049	0.35	7.049	0.08
7	7.068	0.25	6.119 ^a	0.25	6.411	0.27	6.807	0.28	7.603	0.59
8	6.304	0.28	5.336 ^a	0.2	6.125	0.46	6.113	0.56	5.594 ^a	0.12
9	4.599	0.23	4.371	0.16	4.639	0.33	4.545	0.36	4.729 ⁱ	0.1
10	3.908	0.22	3.497	0.17	3.594	0.21	3.592	0.21	4.204 ^{g,i}	0.11
11	3.066	0.24	2.897	0.24	3.052	0.21	3.488	0.25	3.314	0.16
12	2.673	0.21	2.6	0.2	2.728	0.23	2.938	0.16	3.244 ^a	0.12
13	2.473	0.18	2.379	0.19	2.412	0.21	2.93 ^{d,h,i}	0.2	3.018 ^{e,i,f}	0.04
14	2.371	0.16	2.244	0.21	2.105	0.24	2.682	0.13	2.767	0.15
15	2.274	0.2	2.103	0.22	2.036	0.2	2.414	0.19	2.454	0.05
16	2.455	0.32	2.32	0.17	2.625	0.38	2.451	0.19	2.836	0.25
17	2.432	0.3	2.122	0.21	2.116	0.31	2.426	0.19	2.698	0.33
18	1.984	0.21	1.85	0.15	1.826	0.22	2.041	0.14	2.026	0.07
19	1.796	0.11	1.709	0.13	1.573	0.18	1.954	0.16	2.06	0.24
20	1.653	0.12	1.595	0.09	1.457	0.13	1.768	0.16	1.7	0.16
21	1.547	0.17	1.442	0.11	1.241	0.12	1.659	0.18	1.666	0.19

ABLd (d)

FREC (Hz)	VB	ee	VPI	ee	VPE	ee	VPSPi	ee	VPSPE	ee
4	10.081	0.72	10.931	0.94	9.135	0.36	9.154	0.64	7.87 ^{e,i,j}	0.28
5	7.876	0.53	8.321	0.35	7.794	0.33	8.094	0.95	7.134 ⁱ	0.22
6	6.587	0.44	6.653	0.36	6.972	0.36	6.708	0.4	6.238	0.29
7	6.164	0.33	5.471	0.37	6.105	0.17	5.994	0.48	6.197	0.18
8	5.347	0.31	4.58	0.39	5.595	0.23	6.067	0.84	5.056	0.26
9	4.108	0.2	3.475 ^a	0.33	4.447	0.22	4.133	0.35	4.191	0.02
10	3.456	0.23	3.061	0.27	3.566	0.24	3.452	0.23	3.66	0.12
11	3.051	0.27	2.471	0.21	2.912	0.1	2.974	0.16	3.207 ^{i,j}	0.04
12	2.859	0.25	2.313	0.24	2.735	0.2	2.858	0.22	3.384 ^{e,i,j}	0.13
13	2.96	0.32	2.305	0.34	2.754	0.26	2.717	0.21	3.176 ⁱ	0.08
14	2.447	0.15	1.99	0.28	2.286	0.2	2.494	0.33	2.688 ⁱ	0.06
15	2.494	0.2	1.978	0.3	2.123	0.14	2.36	0.29	2.42	0.12
16	3.074	0.76	2.106	0.23	3.082	0.64	2.326	0.3	3.705	0.8
17	3.163	0.73	2.044	0.25	2.304	0.42	2.564	0.22	3.457 ^{i,g}	0.46
18	2.438	0.35	1.801	0.28	1.912	0.09	2.178	0.32	2.417 ^{i,j}	0.1
19	2.017	0.15	1.497 ^a	0.16	1.76 ^b	0.09	1.96	0.39	2.393 ^{i,j}	0.2
20	2.005	0.16	1.549	0.22	1.621 ^b	0.1	2.064	0.55	2.029 ⁱ	0.18
21	2.024	0.18	1.348 ^a	0.12	1.556	0.09	1.891	0.56	1.84 ⁱ	0.19

Media ± error estándar (ee) de los valores de PR en las diferentes frecuencias EEG durante las condiciones: VB= vigilia basal, VPI= vigilia postintromisión, VPE= vigilia posteyaculación, VPSPi= vigilia postsueño paradójico postintromisión, VPSPE= vigilia post sueño paradójico posteyaculación. Comparaciones: a= VBvsVPI, b= VBvsVPE, c= VPIvsVPE, d= VBvsVPSPi, e= VBvsVPSPE, f= VPEvsVPSPE, g=VPSPi vs VPSPE, h= VPIvsVPSPi, i= VPIvsVPSPE, j= VPEvsVPSPi) una p< 0.05 bilateral, con 7 gl.

Vigilia

Correlación Interprefrontal

COFi – COFd. Aunque en las frecuencias bajas de 4 a 8 Hz. se observa que las VB, VPI y VPE muestran una menor correlación respecto a la VPSPI y VPSPE, no fueron significativamente diferentes. Sólo se observó una mayor correlación significativa a los 11 Hz. durante la VPSPE respecto a la VPI (ver tabla 2 y Fig. 5a).

Correlación Interamigdalina

ABLi – ABLd. La VPSPE fue la condición que al igual que en la correlación cortical mostró diferencias significativas, aunque en la correlación amigdalina estas diferencias abarcaron mayor número de frecuencias y de condiciones. En cuanto a las frecuencias lentas que se incluyen en la banda de theta las diferencias se localizaron en los 8, 9, 10 y 12 Hz. y para las frecuencias rápidas 13, 15, 17 y 20 Hz. Se observó que la VPSPE mostró una menor correlación en todas las frecuencias respecto a las demás condiciones. Los resultados se distribuyeron de la siguiente manera: una menor correlación con respecto a la VB en los 10, 17 y 20 Hz., una menor correlación con respecto a la VPE a los 8,10, 12, 15 y 20 Hz.; en tanto que a los 10 Hz se mostró una menor correlación con relación a la VPI, y por último la disminución de la correlación a los 9, 10, 12, 13 y 15 Hz. respecto a la VPSPI (tabla 2 y Fig. 5b).

Correlación Intrahemisférica.

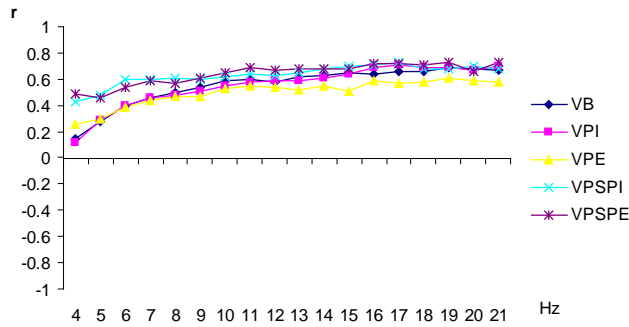
COFi - ABLi Las diferencias encontradas se centraron en las frecuencias rápidas y comprendieron los 11, 12, 13, 15, 16, 19, 20 y 21 Hz y mayormente cuando se comparó la VPI contra la VPSPE. La correlación del hemisferio izquierdo en la VB fue mayor que en la VPI y la VPSPI a los 20 Hz y a los 19 y 21 Hz en esta última condición. También la correlación se redujo ligeramente a los 20 Hz en la VPI con respecto a la VPSPI, la VPSPE presentó una mayor correlación cuando se le comparó con la VPI a los 12, 13, 15, 16, 19, 20 y 21 Hz y a los 11 y 21 Hz con respecto a la VPSPI (tabla 2 y Fig. 5c).

COFd – ABLd La correlación intrahemisférica derecha se caracterizó por presentar durante la VPSPI una mayor correlación sobre todo de las frecuencias lentas (de 4 – 7 Hz.) respecto a las condiciones restantes. La VPSPI tuvo una mayor correlación a los 4, 5, 6 y 7 Hz. respecto a la VB; a los 11 Hz. respecto a la VPI y a los 6, 7, 8 y 9 Hz. respecto a la VPE. La correlación intrahemisférica derecha se caracterizó por presentar también durante la VPSPE un incremento sobre todo en las frecuencias rápidas: a los 11, 16 y 19 Hz. respecto al VPI.

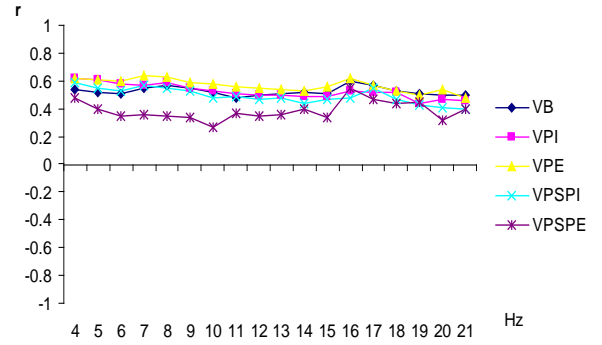
Figura 5

CORRELACIÓN INTERHEMISFERICA DE LA VIGILIA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE LA VIGILIA PREVIA Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.

COF (a)

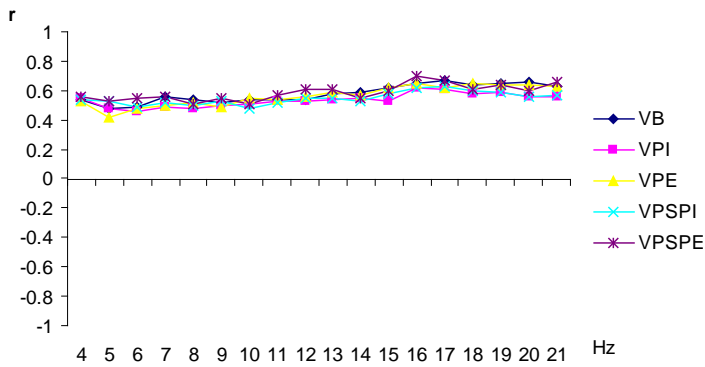


ABL (b)

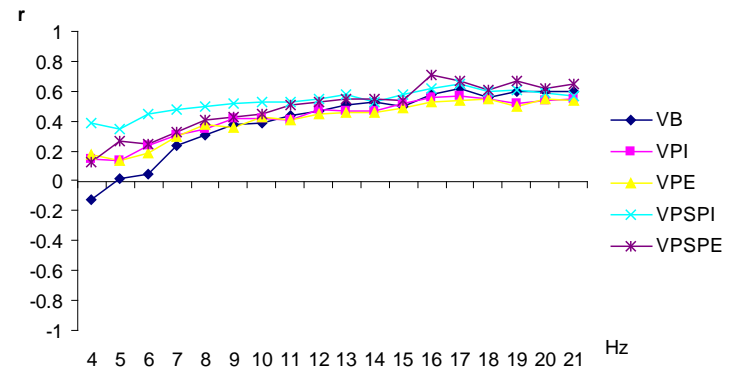


CORRELACIÓN INTRAHEMISFERICA DE LA VIGILIA CORRELACIÓN INTERHEMISFERICA DE LA VIGILIA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE LA VIGILIA PREVIA Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.

Izquierdo (c)



Derecho (d)



Medias de la correlación (r) de las diferentes frecuencias EEG en la COFi (a), COFd (b), ABLi (c), ABLd (d) durante las diferentes condiciones: VPB: vigilia basal, VPI: vigilia postintromisión, VPE: vigilia posteyaculación, VPSPI: vigilia postsueño paradójico postintromisión, VPSPE: vigilia postsueño paradójico posteyaculación.

TABLA 3.

CORRELACIÓN INTERHEMISFERICA DE LA VIGILIA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE LA VIGILIA PREVIA Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.

COF (a)

FREC (Hz)	VB	ee	VPI	ee	VPE	ee	VPSPi	ee	VPSPE	ee
4	0.149	0.22	0.111	0.21	0.258	0.17	0.431	0.19	0.487	0.19
5	0.278	0.17	0.289	0.18	0.298	0.14	0.478	0.14	0.453	0.16
6	0.392	0.13	0.395	0.12	0.391	0.13	0.594	0.1	0.542	0.11
7	0.455	0.12	0.456	0.11	0.432	0.11	0.597	0.08	0.587	0.11
8	0.5	0.1	0.476	0.09	0.463	0.1	0.612	0.08	0.569	0.07
9	0.535	0.08	0.511	0.07	0.47	0.1	0.599	0.06	0.602	0.06
10	0.587	0.07	0.548	0.06	0.529	0.08	0.623	0.04	0.647	0.04
11	0.603	0.07	0.576	0.06	0.542	0.08	0.642	0.03	0.693 ^g	0.04
12	0.583	0.06	0.59	0.06	0.539	0.08	0.625	0.03	0.667	0.03
13	0.617	0.06	0.588	0.06	0.522	0.08	0.651	0.03	0.678	0.02
14	0.633	0.06	0.61	0.06	0.546	0.06	0.682	0.03	0.679	0.03
15	0.646	0.06	0.638	0.04	0.508	0.08	0.7	0.03	0.679	0.01
16	0.641	0.07	0.693	0.04	0.585	0.08	0.706	0.03	0.72	0.01
17	0.655	0.08	0.71	0.03	0.568	0.08	0.729	0.01	0.722	0.02
18	0.664	0.05	0.694	0.04	0.583	0.07	0.678	0.02	0.711	0.02
19	0.69	0.05	0.686	0.03	0.608	0.06	0.681	0.02	0.731	0.02
20	0.679	0.05	0.672	0.05	0.59	0.07	0.702	0.02	0.664	0.03
21	0.667	0.04	0.699	0.04	0.582	0.07	0.679	0.02	0.724	0.02

ABL (b)

FREC (Hz)	VB	ee	VPI	ee	VPE	ee	VPSPi	ee	VPSPE	ee
4	0.532	0.1	0.612	0.12	0.623	0.09	0.591	0.11	0.481	0.08
5	0.518	0.1	0.61	0.1	0.61	0.1	0.553	0.08	0.403	0.07
6	0.509	0.1	0.58	0.08	0.602	0.08	0.53	0.1	0.345	0.1
7	0.549	0.12	0.568	0.09	0.639	0.08	0.572	0.08	0.36	0.1
8	0.57	0.1	0.591	0.07	0.63	0.08	0.546	0.09	0.343 ^g	0.08
9	0.548	0.09	0.548	0.06	0.593	0.09	0.528	0.06	0.337 ^g	0.08
10	0.513	0.1	0.529	0.06	0.578	0.07	0.476	0.05	0.271 ^{g,i,l,g}	0.05
11	0.472	0.08	0.507	0.05	0.564	0.08	0.49	0.04	0.363	0.06
12	0.5	0.08	0.497	0.05	0.55	0.06	0.463	0.05	0.349 ^g	0.06
13	0.503	0.07	0.496	0.04	0.534	0.07	0.478	0.05	0.357 ^g	0.05
14	0.52	0.07	0.487	0.04	0.526	0.06	0.435	0.06	0.392	0.04
15	0.507	0.05	0.485	0.05	0.554	0.06	0.469	0.04	0.331 ^h	0.07
16	0.6	0.04	0.534	0.04	0.616	0.07	0.476	0.06	0.546	0.03
17	0.567	0.04	0.517	0.03	0.57	0.06	0.548	0.05	0.466 ^g	0.02
18	0.534	0.06	0.523	0.04	0.525	0.06	0.472	0.04	0.435	0.03
19	0.509	0.07	0.441	0.05	0.495	0.06	0.427	0.05	0.447	0.05
20	0.504	0.06	0.469	0.04	0.533	0.05	0.409	0.05	0.318 ^g	0.03
21	0.499	0.05	0.458	0.05	0.474	0.05	0.395	0.05	0.399	0.05

CORRELACIÓN INTRAHEMISFERICA DE LA VIGILIA CORRELACIÓN INTERHEMISFERICA DE LA VIGILIA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE LA VIGILIA PREVIA Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.

Izquierdo (c)

FREC (Hz)	VB	ee	VPI	ee	VPE	ee	VPSPi	ee	VPSPE	ee
4	0.533	0.05	0.543	0.06	0.529	0.05	0.533	0.04	0.562	0.03
5	0.472	0.07	0.472	0.07	0.422	0.06	0.531	0.04	0.53	0.01
6	0.491	0.04	0.453	0.06	0.474	0.05	0.484	0.04	0.545	0.02
7	0.562	0.04	0.486	0.04	0.499	0.06	0.519	0.03	0.557	0.03
8	0.542	0.06	0.475	0.04	0.518	0.04	0.5	0.04	0.509	0.03
9	0.523	0.05	0.499	0.04	0.488	0.05	0.524	0.03	0.551	0.03
10	0.542	0.05	0.513	0.04	0.549	0.04	0.481	0.03	0.51	0.02
11	0.54	0.04	0.527	0.03	0.539	0.05	0.511	0.01	0.569 ^g	0.02
12	0.539	0.04	0.533	0.02	0.557	0.04	0.553	0.02	0.604 ^g	0.01
13	0.582	0.02	0.534	0.02	0.592	0.03	0.553	0.03	0.612 ^g	0.02
14	0.592	0.03	0.548	0.04	0.565	0.04	0.525	0.02	0.548	0.01
15	0.621	0.03	0.527	0.03	0.612	0.03	0.576	0.03	0.598 ^g	0.02
16	0.65	0.04	0.617	0.02	0.648	0.05	0.619	0.04	0.703 ^g	0.03
17	0.665	0.03	0.612	0.03	0.615	0.04	0.633	0.04	0.673	0.02
18	0.634	0.03	0.582	0.02	0.643	0.03	0.593	0.03	0.609	0.01
19	0.652	0.02	0.594	0.03	0.642	0.03	0.586 ^d	0.02	0.642	0.02
20	0.655	0.02	0.558 ^g	0.03	0.636	0.01	0.559 ^{j,d}	0.02	0.598	0.01
21	0.631	0.03	0.558	0.03	0.628	0.02	0.567 ^d	0.02	0.657 ^{l,g}	0.02

Derecho (d)

FREC (Hz)	VB	ee	VPI	ee	VPE	ee	VPSPi	ee	VPSPE	ee
4	0.123	0.16	0.147	0.22	0.172	0.15	0.388 ^d	0.15	0.122	0.15
5	0.011	0.12	0.135	0.19	0.135	0.11	0.352 ^d	0.12	0.26	0.13
6	0.045	0.08	0.233	0.14	0.184	0.08	0.442 ^{d,i}	0.08	0.242	0.09
7	0.234	0.08	0.309	0.11	0.292	0.08	0.475 ^{d,i}	0.06	0.326	0.07
8	0.311	0.07	0.35	0.08	0.379	0.06	0.5	0.06	0.404	0.05
9	0.374	0.05	0.42	0.08	0.355	0.07	0.523	0.07	0.428	0.06
10	0.391	0.06	0.413	0.06	0.424	0.06	0.525	0.06	0.447	0.05
11	0.437	0.05	0.41	0.05	0.404	0.07	0.529 ^g	0.05	0.511 ^g	0.04
12	0.462	0.05	0.474	0.05	0.445	0.08	0.549	0.03	0.532	0.06
13	0.507	0.05	0.466	0.05	0.458	0.07	0.573	0.05	0.546	0.05
14	0.524	0.04	0.466	0.04	0.46	0.07	0.527	0.06	0.552	0.05
15	0.499	0.04	0.517	0.05	0.486	0.07	0.578	0.04	0.543	0.03
16	0.579	0.05	0.555	0.05	0.525	0.05	0.617	0.05	0.711 ^g	0.02
17	0.619	0.05	0.562	0.04	0.538	0.06	0.647	0.04	0.665	0.03
18	0.555	0.04	0.548	0.04	0.545	0.05	0.599	0.04	0.608	0.04
19	0.594	0.04	0.513	0.04	0.497	0.06	0.608	0.04	0.671 ^g	0.04
20	0.593	0.04	0.541	0.04	0.548	0.05	0.585	0.05	0.622	0.03
21	0.592	0.04	0.545	0.04	0.54	0.06	0.563	0.04	0.641	0.05

Medias ± error estándar (ee) de los valores de correlación en las diferentes frecuencias EEG durante las condiciones VB= vigilia basal, VPI= vigilia postintromisión, VPE= vigilia posteyaculación, VPSPi= vigilia postsueño paradójico postintromisión, VPSPE= vigilia postsueño paradójico posteyaculación. Comparaciones: a= VBvsVPI, b= VBvsVPE, c= VPIvsVPE, d= VBvsVPSPi, e= VBvsVPSPE, f= VPEvsVPSPE, g=VPSPivsVPSPE, h= VPIvsVPSPi, i= VPIvsVPSPE, j= VPEvsVPSPi) una p< 0.05 bilateral, con 7 gl.

Sueño

Potencia relativa

COFi. Durante el SPPI se presentó una mayor PR en las frecuencias de 12, 15, 16 y 18 Hz. respecto al SPPE y una menor PR al comparar el SPPE con el SPB en las frecuencias 12 y 14 y 16 Hz (ver tabla 3 y Fig.6a).

COFd Durante el SPPI se presentó una menor PR a los 6 Hz. respecto al SPB; en tanto que durante el SPPE se presentó una menor PR a los 7 y a los 16 Hz. respecto al SPB (ver tabla 3 y Fig.6b).

ABLi Únicamente se encontró una disminución de la PR cuando se comparó el SPPE con respecto al SPB (ver tabla 3 y Fig.6c).

ABLd El SPPE presentó una mayor PR a los 21 Hz. respecto al SPB (ver tabla 3 y Fig.6d).

TABLA 4.

POTENCIA RELATIVA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE EL SP PREVIO Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.

COFi (a)

FREC (Hz)	SPB	ee	SPPI	ee	SPPE	ee
4	7.527	0.81	8.171	0.49	8.732	0.66
5	6.581	0.7	6.642	0.33	7.39	0.3
6	6.664	0.7	6.308	0.26	6.148	0.31
7	7.368	0.86	6.29	0.45	5.943	0.5
8	5.022	0.33	5.209	0.33	4.547	0.15
9	3.951	0.3	4.168	0.4	3.593	0.22
10	3.288	0.2	3.348	0.24	3.242	0.17
11	3.053	0.23	3.278	0.28	2.789	0.25
12	2.989	0.21	2.991 ^c	0.26	2.426 ^b	0.21
13	2.725	0.23	2.744	0.23	2.295	0.22
14	2.735	0.2	2.85	0.27	2.335 ^b	0.19
15	2.644	0.24	2.797 ^c	0.36	2.088	0.18
16	3.501	0.65	2.639 ^c	0.33	1.957 ^b	0.2
17	2.348	0.22	2.536	0.28	2.167	0.2
18	2.239	0.27	2.359 ^c	0.22	1.607	0.16
19	2.183	0.28	1.975	0.18	1.537	0.21
20	2.068	0.28	1.976	0.24	1.524	0.22
21	1.905	0.24	1.879	0.18	1.495	0.25

COFd (b)

FREC (Hz)	SPB	ee	SPPI	ee	SPPE	ee
4	9.499	1.31	8.333	0.64	10.259	0.47
5	7.701	0.82	7.145	0.59	7.951	0.54
6	7.753	1.02	6.377 ^a	0.69	7.299	0.56
7	8.579	0.95	6.242	0.57	6.473 ^b	0.58
8	5.515	0.53	5.112	0.39	5.617	0.32
9	4.133	0.32	4.143	0.34	4.028	0.26
10	3.36	0.19	3.409	0.29	3.346	0.26
11	3.208	0.27	3.155	0.22	2.875	0.3
12	3.032	0.18	3.039	0.29	2.688	0.32
13	2.816	0.14	2.832	0.23	2.613	0.21
14	2.486	0.17	2.727	0.2	2.278	0.19
15	2.451	0.21	2.548	0.19	2.198	0.16
16	3.224	0.37	2.673	0.23	2.136 ^b	0.2
17	2.195	0.18	2.551	0.25	2.171	0.2
18	2.072	0.23	2.371	0.25	1.708	0.17
19	2.012	0.19	2.365	0.5	1.575	0.16
20	1.911	0.19	3.662	1.8	1.536	0.18
21	1.726	0.16	2.511	0.61	1.581	0.17

ABLi (c)

FREC (Hz)	SPB	ee	SPPI	ee	SPPE	ee
4	7.324	0.33	7.567	0.39	8.103	0.55
5	6.834	0.37	7.252	0.37	7.416	0.42
6	7.912	0.72	7.353	0.56	7.004	0.31
7	9.625	0.95	9.22	0.93	8.608	0.99
8	6.457	0.52	7.271	0.7	7.043	0.72
9	4.712	0.26	5.221	0.43	5.064	0.23
10	3.776	0.26	4.187	0.3	4.228 ^b	0.13
11	3.681	0.34	3.457	0.21	3.609	0.08
12	3.211	0.2	3.103	0.15	3.191	0.08
13	2.976	0.19	2.988	0.16	2.84	0.18
14	2.853	0.17	2.826	0.15	2.782	0.2
15	2.623	0.11	2.636	0.2	2.635	0.13
16	3.398	0.54	2.725	0.23	2.292	0.08
17	2.258	0.12	2.428	0.16	2.645	0.32
18	2.063	0.16	2.163	0.15	1.92	0.06
19	2.084	0.16	1.99	0.15	1.757	0.07
20	1.896	0.19	1.824	0.15	1.822	0.09
21	1.885	0.18	1.798	0.19	1.644	0.12

ABLd (d)

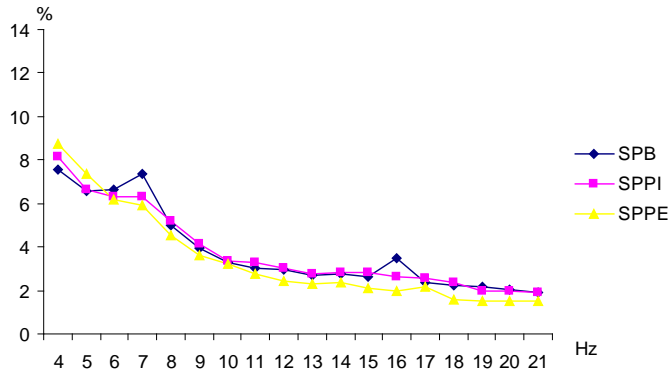
FREC (Hz)	SPB	ee	SPPI	ee	SPPE	ee
4	7.316	0.42	7.838	0.28	7.94	0.56
5	6.588	0.4	6.806	0.22	7.104	0.41
6	7.516	0.71	6.884	0.3	6.519	0.36
7	9.2	1.17	9.293	1.16	7.163	0.87
8	7.069	0.99	6.869	0.74	6.343	0.49
9	5.103	0.57	4.881	0.41	4.46	0.21
10	3.762	0.25	3.608	0.35	3.591	0.16
11	3.354	0.34	3.272	0.2	3.537	0.14
12	3.166	0.18	3.064	0.19	3.174	0.06
13	2.9	0.27	2.827	0.21	3.007	0.08
14	2.871	0.24	2.674	0.15	2.999	0.15
15	2.75	0.28	2.377	0.16	2.678	0.1
16	4.064	1.15	2.52	0.16	2.739	0.28
17	2.399	0.22	2.383	0.1	4.143	1.15
18	2.18	0.21	2.205	0.18	2.536	0.3
19	2.168	0.31	2.016	0.15	2.201	0.15
20	2.112	0.32	1.944	0.22	2.195	0.23
21	1.929	0.26	1.966	0.33	2.403 ^b	0.28

Medias \pm error estándar (ee) de los valores de PR en las diferentes frecuencias EEG durante las condiciones SPB= sueño paradójico basal, SPPI= sueño paradójico postintromisión, SPPE= sueño paradójico posteyaculación. Comparaciones: a= SPBvsSPPI, b= SPBvsSPPE, c= SPPIvsSPPE a una $p < 0.05$ bilateral, con 7 gl.

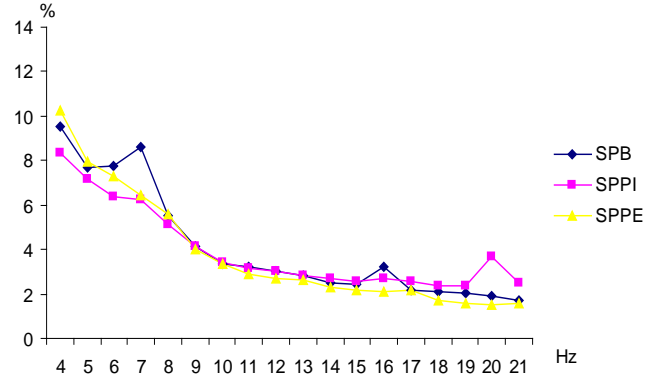
Figura 6

POTENCIA RELATIVA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE EL SP PREVIO Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.

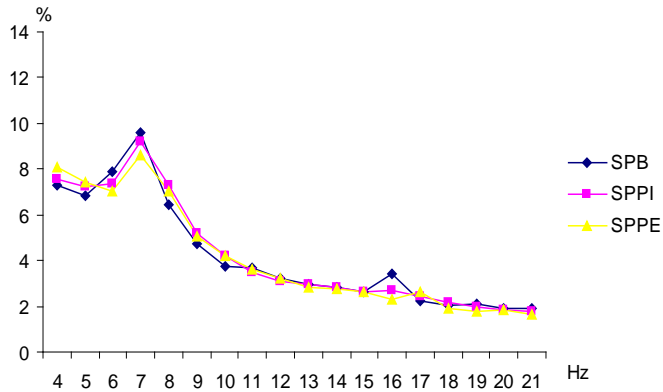
COFi (a)



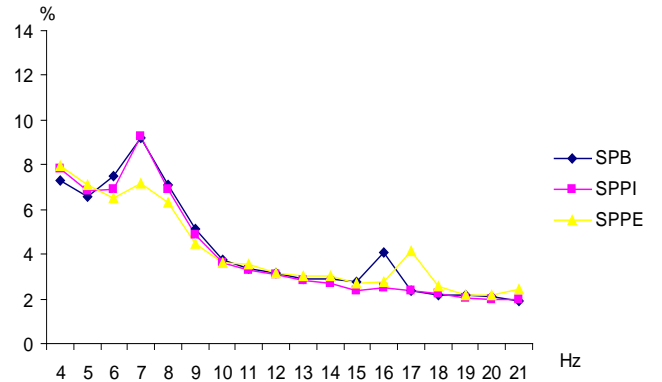
COFd (b)



ABLi (c)



ABLd (d)



Medias de la potencia relativa (%) de las diferentes frecuencias EEG en la COFi (a), COFd (b), ABLi (c), ABLd (d) durante las diferentes condiciones: SPB= sueño paradójico basal, SPPI= sueño paradójico postintromisión, SPPE= sueño paradójico posteyaculación.

Sueño

Correlación

Correlación Interprefrontal

COFi – COFd No se encontró ninguna diferencia significativa durante el sueño paradójico característico de cada una de las condiciones registradas (ver tabla 4 y Fig. 7a).

Correlación Interamigdalina

ABLi – ABLd Sólo a los 20 Hz. se encontró una mayor correlación durante el sueño SPPI respecto al SPB. En términos generales, el sueño SPPI mostró una mayor correlación de todas las frecuencias respecto a la del sueño basal principalmente y también respecto a la del SPPE (ver tabla 4 y Fig. 7b).

Correlación Intrahemisférica

COFi - ABLi. Se encontró un patrón similar al observado en la correlación interamigdalina, esto es, el sueño SPPI mostró una mayor correlación de todas las frecuencias respecto a la del SPB y a la del SPPE. Pero las diferencias sólo fueron significativas a los 21 Hz. con respecto al SPB. Se observaron mayor número de diferencias entre el SPPE al ser comparado con el SPPI en las frecuencias de 15 y 19 Hz. presentando la primera condición una mayor correlación. Por último el SPPE mostró un incremento en la correlación en las siguientes frecuencias 17, 20 y 21 Hz. comparado con el SPB (ver tabla 4 y Fig. 7c).

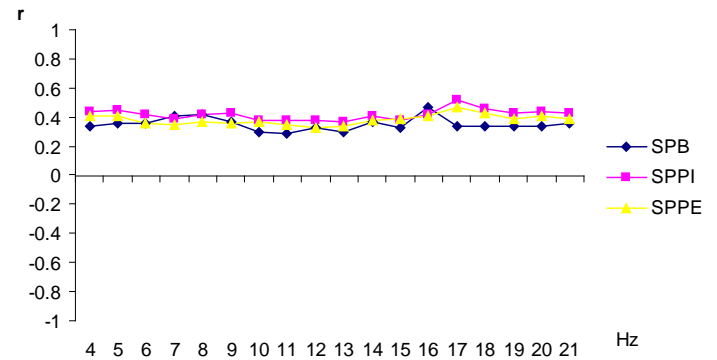
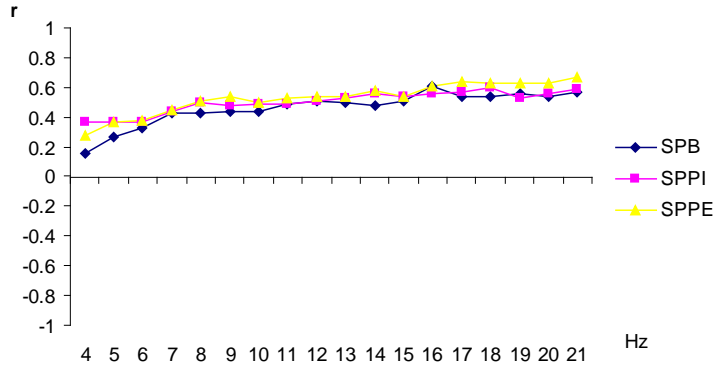
COFd – ABLd. Aunque las diferencias no llegaron a ser significativas, se observa una clara tendencia de que durante el SPPI se presente un incremento de la r de las frecuencias (sobre todo a partir de los 7 Hz) respecto al SPB y al SPE. Las únicas diferencias significativas mostraron un incremento de la correlación durante el SPPE a los 17 y 21 Hz con respecto al SPB. (ver tabla 4 y Fig. 7d).

Figura 7

CORRELACIÓN INTERHEMISFERICA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE EL SP PREVIO Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.

COF (a)

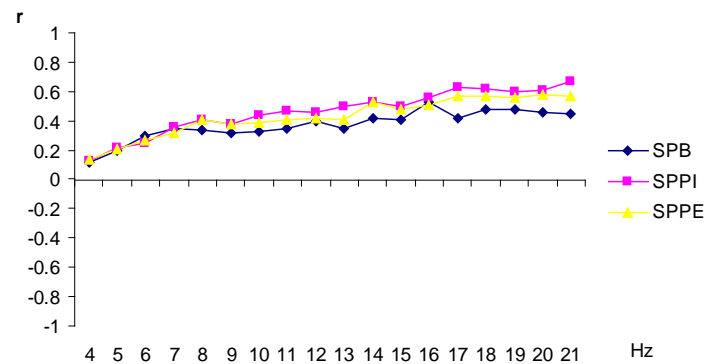
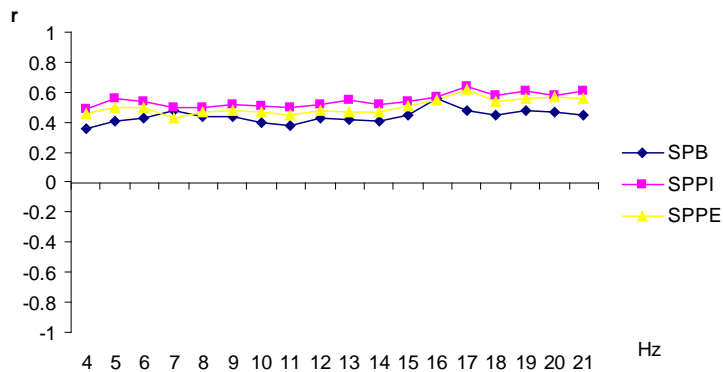
ABL (b)



CORRELACIÓN INTRAHEMISFERICA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE EL SP PREVIO Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.

Izquierdo (c)

Derecho (d)



Medias de la correlación (r) de las diferentes frecuencias EEG en la COFi (a), COFd (b), ABLi (c), ABLd (d) durante las diferentes condiciones: SPB= sueño paradójico basal, SPPI= sueño paradójico postintromisión, SPPE= sueño paradójico posteyaculación.

TABLA 5.

CORRELACIÓN INTERHEMISFERICA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE EL SP PREVIO Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.

COF (a)

FREC (Hz)	SPB	ee	SPPI	ee	SPPE	ee
4	0.161	0.14	0.364	0.11	0.279	0.13
5	0.27	0.11	0.364	0.09	0.363	0.11
6	0.332	0.1	0.37	0.09	0.373	0.08
7	0.429	0.11	0.439	0.08	0.443	0.08
8	0.429	0.07	0.503	0.06	0.508	0.07
9	0.442	0.05	0.48	0.04	0.534	0.06
10	0.439	0.05	0.484	0.04	0.502	0.04
11	0.489	0.05	0.491	0.04	0.528	0.05
12	0.506	0.05	0.504	0.03	0.538	0.03
13	0.501	0.06	0.526	0.04	0.536	0.04
14	0.476	0.06	0.559	0.04	0.577	0.04
15	0.51	0.05	0.535	0.04	0.541	0.06
16	0.608	0.06	0.553	0.03	0.604	0.05
17	0.537	0.05	0.568	0.05	0.637	0.06
18	0.539	0.06	0.597	0.04	0.624	0.04
19	0.559	0.05	0.531	0.03	0.625	0.04
20	0.543	0.06	0.556	0.03	0.627	0.02
21	0.568	0.05	0.586	0.04	0.668	0.03

ABL (b)

FREC (Hz)	SPB	ee	SPPI	ee	SPPE	ee
4	0.335	0.09	0.461	0.07	0.411	0.07
5	0.353	0.08	0.45	0.06	0.406	0.07
6	0.358	0.09	0.443	0.09	0.36	0.08
7	0.408	0.1	0.449	0.12	0.349	0.11
8	0.417	0.07	0.44	0.1	0.364	0.12
9	0.367	0.05	0.349	0.07	0.359	0.09
10	0.298	0.07	0.326	0.07	0.368	0.09
11	0.287	0.06	0.349	0.06	0.349	0.07
12	0.327	0.05	0.323	0.06	0.322	0.06
13	0.301	0.06	0.32	0.06	0.34	0.07
14	0.366	0.06	0.372	0.05	0.375	0.05
15	0.33	0.05	0.338	0.06	0.391	0.06
16	0.468	0.07	0.41	0.05	0.405	0.04
17	0.333	0.05	0.41	0.05	0.467	0.06
18	0.333	0.04	0.378	0.03	0.423	0.04
19	0.337	0.04	0.332	0.05	0.387	0.06
20	0.335	0.04	0.4 ^a	0.04	0.409	0.05
21	0.357	0.05	0.344	0.05	0.385	0.04

CORRELACIÓN INTRAHEMISFERICA DE LAS FRECUENCIAS EEG DURANTE EL SP PREVIO Y POSTERIOR A LAS EXPERIENCIAS SEXUALES.

Izquierdo (c)

FREC (Hz)	SPB	ee	SPPI	ee	SPPE	ee
4	0.36	0.08	0.409	0.04	0.461	0.03
5	0.404	0.05	0.413	0.05	0.499	0.05
6	0.426	0.07	0.494	0.03	0.493	0.03
7	0.478	0.07	0.473	0.05	0.433	0.04
8	0.442	0.04	0.501	0.04	0.464	0.04
9	0.434	0.04	0.428	0.03	0.476	0.05
10	0.399	0.03	0.443	0.03	0.465	0.03
11	0.383	0.03	0.391	0.04	0.443	0.05
12	0.429	0.04	0.47	0.03	0.473	0.03
13	0.421	0.04	0.429	0.03	0.473	0.03
14	0.408	0.05	0.47	0.03	0.467	0.03
15	0.45	0.04	0.45	0.03	0.511 ^c	0.03
16	0.561	0.06	0.512	0.02	0.545	0.03
17	0.482	0.04	0.518	0.02	0.615 ^b	0.05
18	0.451	0.04	0.497	0.02	0.542	0.03
19	0.479	0.03	0.478	0.03	0.563 ^c	0.03
20	0.47	0.03	0.508	0.03	0.57 ^b	0.02
21	0.447	0.04	0.515 ^a	0.03	0.555 ^b	0.02

Derecho (d)

FREC (Hz)	SPB	ee	SPPI	ee	SPPE	ee
4	0.118	0.13	0.314	0.12	0.138	0.15
5	0.191	0.12	0.316	0.11	0.207	0.12
6	0.3	0.1	0.351	0.1	0.27	0.09
7	0.346	0.09	0.405	0.1	0.313	0.07
8	0.34	0.08	0.391	0.09	0.406	0.07
9	0.319	0.06	0.399	0.07	0.379	0.06
10	0.329	0.06	0.381	0.07	0.388	0.06
11	0.347	0.07	0.425	0.07	0.402	0.06
12	0.398	0.06	0.41	0.05	0.417	0.06
13	0.347	0.06	0.406	0.06	0.41	0.06
14	0.417	0.06	0.405	0.06	0.529	0.05
15	0.409	0.06	0.458	0.05	0.474	0.06
16	0.526	0.08	0.49	0.05	0.509	0.05
17	0.418	0.05	0.52	0.06	0.572 ^b	0.05
18	0.479	0.05	0.53	0.06	0.567	0.02
19	0.476	0.05	0.486	0.05	0.558	0.04
20	0.459	0.06	0.477	0.06	0.576	0.03
21	0.445	0.05	0.476	0.06	0.564 ^b	0.02

Medias ± error estándar (ee) de los valores de correlación en las diferentes frecuencias EEG durante las condiciones SPB= sueño paradójico basal, SPPI= sueño paradójico postintromisión, SPPE= sueño paradójico posteyaculación. Comparaciones: a= SPBvsSPPI, b= SPBvsSPPE, c= SPPIvsSPPE) a una p< 0.05 bilateral, con 7 gl.

DISCUSION

En la literatura sobre el sueño existen diferentes trabajos que reportan el impacto que tienen las experiencias vividas durante la vigilia sobre el sueño, ya sea a partir de una situación estresante (Koridze, 2003; Dewasmes, 2004) o como producto de trastornos como la depresión (Vogel, 1999). Este tipo de situaciones que se caracterizan por involucrar componentes emocionales tienden a incidir de manera importante sobre el sueño paradójico. Los presentes resultados muestran que las experiencias sexuales vividas por la rata macho tienen una influencia sobre la actividad electroencefalográfica y la correlación de la COF y de la ABL tanto durante la vigilia como durante el sueño paradójico.

Cambios EEG durante los estados de vigilia

Se encontró que durante la vigilia inmediata posterior a la experiencia sexual recompensante (VPE) o no (VPI), la COF y la ABL principalmente del hemisferio derecho mostraron una menor PR de frecuencias rápidas respecto a la VB.

En varios trabajos se ha mostrado que la actividad EEG cortical inmediatamente después de la eyaculación en la rata, se caracteriza por mostrar una prevalencia de ondas lentas de alto voltaje, esto es, una actividad cortical similar al sueño lento que se ha asociado con un estado placentero o de relajación. Esta misma actividad EEG lenta se ha observado también en ratas durante la lactancia y en mujeres mientras amamantan a sus bebés (Hernandez-Gonzalez y cols., 2005a, 2005b; Cervantes y cols., 1992; Kurtz y Adler, 1973). En este estudio encontramos que en la vigilia después de la cópula hasta eyaculación (VPE) se presentó una menor proporción de frecuencias rápidas y por tanto una mayor prevalencia de frecuencias lentas, datos que coinciden con lo anteriormente reportado.

Por otro lado, se ha mostrado que cuando se interrumpe la cópula, la rata macho experimenta un estado sobreactivado o ansioso durante al menos 5 minutos, en los

cuales desesperadamente busca a la hembra para continuar la interacción sexual (Larsson, 1956 y Fernández-Guasti, 1989, 1990). Los estados de sobreactivación conductual, así como de atención a estímulos novedosos, se han asociado con una actividad EEG de frecuencias rápidas y de bajo voltaje (Revisado en Castro-Alamancos, 2004). Nosotros pensábamos que en la vigilia posterior a la cópula interrumpida, tanto la COF como la ABL mostrarían también una mayor prevalencia de frecuencias rápidas, lo cual no fue así. Entonces, el hecho de que tanto la COF como la ABL muestren una menor prevalencia de frecuencias rápidas, independientemente de que hayan alcanzado la eyaculación o no, probablemente refleje un estado no-activado en el cual la interrupción de la cópula no afectó demasiado la emocionalidad de la rata, esto es, el que se le haya interrumpido la cópula bruscamente después de 3 intromisiones no provocó un estado de alta ansiedad. Si consideramos la interacción copulatoria en el medio natural de la rata, ya que ésta es continuamente acechada por predadores, es común que la cópula sea interrumpida ya sea por el ataque de predadores o por involucramiento de otros machos en la interacción sexual con la misma hembra, de tal forma que es probable que esta interrupción de la conducta sexual no haya afectado demasiado al componente motivo-emocional de la rata macho, y que por lo tanto, no llegó a diferenciarse la actividad EEG posterior a la eyaculación respecto a la vigilia posterior a la interrupción de la cópula, pero sí respecto a la VB.

En un trabajo realizado en nuestro laboratorio, encontramos que cuando se interrumpe la cópula después de 1 o 2 intromisiones, la actividad EEG del Acc y del ATV se caracteriza por presentar una mayor PR de la banda de 8-12 Hz tanto en el Acc como en el ATV (datos en proceso de publicación). En éste último trabajo mencionado también encontramos una mayor prevalencia de frecuencias lentas después de interrumpir la cópula, es probable que estas diferencias se deban a la diferente funcionalidad que tienen las estructuras registradas respecto a la actividad cortical. Mientras que el Acc y el ATV conforman al sistema dopaminérgico mesoaccumbens (principalmente involucrado en los aspectos motivo-emocionales y de ejecución sexual), la COF y la ABL, se ha propuesto, constituyen un mecanismo neural por el cual estímulos significantes o emocionalmente relevantes pueden influenciar los estados

conductuales y mecanismos de alerta, es decir, un sistema en el que se asigna y compara el valor incentivo de los estímulos y su influencia sobre la vigilia y los estados del sueño.

La VPE mostró una mayor proporción de frecuencias lentas y una menor proporción de frecuencias rápidas respecto a la vigilia posterior al sueño paradójico de ratas que mostraron cópula hasta eyaculación (VPSPE). Esta diferencia entre VPE y VPSPE no se observó entre VPI y VPSPI. Esta prevalencia de frecuencias lentas posteriores a la eyaculación ya han sido reportadas en otros estudios (Kurtz y Adler, 1973).

Se ha sugerido que durante el sueño paradójico se lleva a cabo un importante procesamiento de las experiencias de la vigilia previa. De acuerdo a estos resultados hay una interrelación específica entre la vigilia preliminar en que se experimentó la experiencia sexual recompensante (VPE) y la vigilia posterior al sueño paradójico subsecuente (VPSPE), de tal forma que la actividad EEG observada en la vigilia de la experiencia sexual y antes del sueño paradójico es muy diferente a aquella observada en la vigilia posterior al SP.

El hecho de que en la vigilia posterior al sueño paradójico de ratas que experimentaron cópula interrumpida (VPSPI) se haya observado un comportamiento similar de la PR al observado durante la VPE, esto es, mayor PR de frecuencias lentas y menor PR de frecuencias rápidas respecto a VPSPE, es un poco difícil de explicar. Pudiera ser que en las ratas que no lograron eyacular, durante el SP posterior a la cópula interrumpida no se presentó este mecanismo de procesamiento emocional de manera que aún después del sueño paradójico, el patrón EEG sigue siendo igual al de la VPI y diferente al de la VB.

No se encontraron cambios en la correlación interhemisférica de la VPI y VPE respecto a la VB, sólo se encontró que la correlación interamigdalina durante la VPSPE mostró una clara disminución respecto a todas las demás condiciones de vigilia. Con

estos datos, pudiera uno pensar que ni siquiera la experiencia sexual propiamente dicha provoca cambios tan importantes en la correlación interamigdalina como lo hace el sueño paradójico, sin embargo, en la VPSPI la correlación fue similar a aquella obtenida durante las demás condiciones de vigilia. Debe haber algo especial en la experiencia sexual con eyaculación que provoca que en la vigilia posterior a sueño paradójico de ratas que eyacularon se presente esta clara disminución de la correlación entre amígdalas aún respecto a la vigilia basal. Se ha demostrado que la amígdala juega un importante papel en el control de los estados conductuales y mecanismos de alerta, (Abrams y cols., 2005, revisado en McGaugh, 2004) en la codificación del significado emocional de los estímulos y está fuertemente conectada con núcleos del tallo cerebral que se sabe están involucrados en el control del sueño (Morrison y cols., 2000, Gao y cols. 2002). Estos datos muestran que la experiencia sexual placentera provocó cambios en la correlación interamigdalina de la vigilia posterior al SP de las ratas que eyacularon. Existen varios reportes donde se muestra que las experiencias emocionales vividas durante la vigilia influyen o alteran las características EEG durante el sueño, pero en este estudio se muestra que sólo la experiencia placentera se asoció con cambios en la correlación interamigdalina de la vigilia posterior al SP. Como mencionamos anteriormente, es probable que la interrupción de la cópula no haya provocado una situación de ansiedad significativa de tal forma que ésta no se reflejó en cambios de la correlación durante la vigilia posterior al sueño paradójico de ratas que sólo experimentaron conducta de intromisión, en tanto que la eyaculación tal vez provocó una situación emocional más significativa, tal que si repercutió en la actividad EEG de la vigilia posterior al sueño paradójico.

Respecto a la correlación intrahemisférica se encontró que en el hemisferio izquierdo se presentó una mayor correlación de las frecuencias rápidas durante la VPSPE respecto a la VPI y a la VPSPI. Los valores de la correlación durante VPSPE no fueron diferentes a los obtenidos durante la VB. En el hemisferio derecho se encontró también una mayor correlación intrahemisférica de algunas frecuencias rápidas durante la VPSPE respecto a la VPI. Nuevamente, en la correlación intrahemisférica encontramos los principales cambios de correlación durante la vigilia posterior al sueño

paradójico de ratas que copularon hasta eyaculación respecto a la VPI y VPSPI, pero no respecto a la VPE ni a la VB. Estos datos pudieran estar acordes a la propuesta de que la experiencia sexual con eyaculación induce un estado emocional (se supone placentero) que pudiera repercutir o influir de manera importante sobre la actividad EEG de la VPSPE pero no de la VPI, VPE o VPSPI.

Por otro lado, sólo la correlación intrahemisférica derecha mostró un incremento en las frecuencias de 4 a 7 Hz durante la VPSPI respecto a la VB y a la VPE. Este incremento no alcanzó a ser significativo respecto a las otras condiciones de vigilia, pero sí se muestra una marcada tendencia. Esta mayor correlación de frecuencias lentas durante la VPSPI específicamente en el hemisferio derecho pudiera estar asociada con el estado de ansiedad moderada que se ha propuesto es inducida en el macho por la interrupción de la cópula (Larsson 1956, Fernández-Guasti, 1989) Un aspecto importante que parece mediar este procesamiento de información tiene que ver con la diferente funcionalidad que parece observarse dependiendo de si la estructura activada es la derecha o la izquierda, por ejemplo se ha reportado que la ABL derecha tiene una mayor participación que la izquierda en cuanto al procesamiento de estímulos aversivos (Baker y cols., 2004; Scicli y cols., 2004).

Una de las bandas de frecuencia que se han vinculado con el procesamiento emocional es la banda de theta (4-12 Hz). Se ha sugerido como las responsables de la generación de este ritmo la descarga rítmica de las células del septum medial y de la banda diagonal de Brocca (revisado en Vertes, 2004). Las ondas de theta están presentes durante el SP y durante varias actividades locomotoras descritas como "voluntarias", "preparatorias", "orientadas" o "exploratorias". También se ha sugerido que están implicadas en procesos de aprendizaje y memoria (revisado en Buzsáky, 2002). Los estudios que vinculan a la banda de theta con aspectos emocionales de la conducta indican, que existe la tendencia a que regiones de la corteza rinal y de la formación hipocámpica generen actividad theta durante estados de desincronización cortical o de excitación (Collins y cols., 1999), que podría influir en estructuras fuera de la formación hipocámpica, por ejemplo, se ha reportado la existencia en gatos de la sincronización

entre la actividad theta amigdalina y el incremento de la presión sanguínea (la cual sugiere temor) durante una prueba en la que tenía que anticipar la aplicación de un choque eléctrico (Paré, 2000), también en ratones se produce la actividad sincronizada en las frecuencias de theta entre el núcleo lateral de la amígdala y el área CA1 del hipocampo después de condicionamiento aversivo pavloviano y se incrementa durante la confrontación con el estímulo condicionado aversivo y con la conducta de congelamiento (Seidenbecher y cols., 2003). Con respecto a la conducta sexual en un trabajo previo de nuestro grupo (Hernández-González y cols., 1998) se reportó el incremento de la potencia absoluta en la banda de 4 a 16 Hz en registros corticofrontales durante la actividad copulatoria, incremento que fue relacionado con la manifestación de procesos apetitivos de la conducta sexual masculina. Paré (2003) ha propuesto que la actividad theta (4-8 Hz) amigdalina durante periodos en donde se observa un incremento en la tensión emocional promueve la facilitación de la memoria al permitir la interacción entre sitios de almacenamiento corticales y de memoria declarativa en los lóbulos temporales.

Tomando como base estos antecedentes es que consideramos que el incremento de la correlación intrahemisférica derecha específicamente en el rango de theta durante la VPSPi podría ser un indicador EEG de la memoria emocional relacionada con la interrupción de la cópula aún después del sueño paradójico. Pudiera ser entonces, que efectivamente durante el SP posterior a la cópula interrumpida se llevó a cabo un procesamiento emocional diferente, de tal forma que la actividad EEG de la VPSPi manifiesta cambios específicos del hemisferio derecho sólo en la banda de theta.

Cambios EEG durante el sueño paradójico

Respecto a los cambios electroencefalográficos observados durante el sueño paradójico, se encontró que en las ratas que copularon hasta eyaculación, la actividad EEG de la COFi y de la COFd durante el SPPE se caracterizó por mostrar un menor PR de algunas frecuencias (12, 14 y 16 Hz) respecto al SPB, mientras que las ratas que

sólo tuvieron 3 intromisiones, la actividad de ambas cortezas presentó un mayor PR principalmente de las rápidas.

Se ha descrito que la funcionalidad de la amígdala es fuertemente influenciada o modulada por la funcionalidad de la COF (Schoenbaum y cols. 2000) favoreciendo la capacidad de anticipar una recompensa o un estímulo aversivo, es decir, se asocia con la previsión del valor incentivo de un estímulo de acuerdo a las experiencias previas (Gallagher y cols., 1999), por tanto, es probable que los cambios EEG observados en la COF durante el sueño paradójico se asocien con el procesamiento del estado emocional que fue experimentado durante la vigilia. Se ha reportado que las neuronas de la COF tienden a incrementar su frecuencia de disparo al momento en que se está llevando el análisis del contexto en el que se está recibiendo una determinada estimulación con la finalidad de evaluar el posible resultado con que este estímulo esté asociado (Schoenbaum y cols., 2000). Por otra parte una mayor actividad amigdalina parece hacer alusión a la asociación de un estímulo con una cualidad determinada que se podría simplificar refiriéndonos al estado que produce ya sea recompensante o no; en este sentido la ABL parece crítica en formar la asociación entre el estímulo y sus propiedades incentivas, pero no para mantenerlas en la memoria con la finalidad de actualizarlas, o para expresarla en forma de conducta.

En contraste, la COF parece esencial para uno o más de estos procesos (Pickens y cols., 2003; Schoenbaum y cols., 2003). La actividad amigdalina parece depender hasta cierto punto del correcto funcionamiento de la COF (Saddoris, 2005) y a su vez la COF puede llevar a cabo mejor sus funciones cuando la ABL se encuentra intacta (Schoenbaum y cols., 2003) por lo tanto es posible suponer que la diferente activación tanto de la COF como de la ABL durante el sueño pueda estar ligada a etapas determinadas del procesamiento de las experiencias vividas durante la vigilia de tal forma que las características EEG en relación a la cópula con eyaculación y a la cópula interrumpida fueron diferentes durante el SP.

Tanto en la COFi como la COFd se encontró que durante el SPPI se presentó una mayor PR de las frecuencias rápidas a comparación del SPPE. Este hallazgo es muy interesante ya que sólo en la corteza fue evidente la diferenciación funcional en relación a las distintas experiencias sexuales. Pudiera ser que esta prevalencia de frecuencias rápidas se asocie con el procesamiento de un estado emocional de ansiedad moderada que experimentó la rata al impedirle que terminara la cópula hasta eyaculación, procesamiento funcional cortical que no ocurrió en el SPPE.

Esta propuesta es apoyada por la tendencia de los resultados de correlación interamigdalina, la cual mostró un incremento durante el SPPI respecto al SPB y al SPPE. Similarmente, la correlación intrahemisférica tanto izquierda como derecha mostró una clara tendencia a que durante el SPPI se incrementara la correlación respecto al SPB y al SPPE.

Estos hallazgos pudieran apoyar la teoría de la actividad de búsqueda (*Search Activity Theory*) enunciada por Rotenberg y Arschavsky (Rotenberg, 2000), en la cual se ha propuesto que el sueño paradójico es importante para que el organismo oponga resistencia a los factores ambientales que provocan el estrés emocional. Así, el incremento del sueño paradójico (rebote) posterior a estímulos estresantes, tendría la función homeostática de liberar la excitación y regresarla a los niveles basales óptimos. Es probable entonces, que este incremento de la PR de las frecuencias rápidas en la COFi, así como la mayor correlación interamigdalina e intrahemisférica (tanto izquierda como derecha) que se obtuvo durante el SPPI respecto al SPPE y al SPB, pudieran estar reflejando estos mecanismos de procesamiento emocional compensatorios posteriores a la cópula interrumpida.

En términos generales, pudiéramos pensar entonces, que la ansiedad moderada que se ha sugerido es generada por la interrupción de la cópula en la rata macho (Larsson, 1956 y Fernández-Guasti y cols., 1989, 1990) repercute de manera más importante sobre las características EEG del sueño paradójico y sobre la correlación intrahemisférica derecha durante la VPSPI, mientras que la experiencia sexual

placentera (con eyaculación) influye más sobre las características EEG de la VPSPE. Así pues, en base a estos resultados, es posible sugerir que las experiencias sexuales vividas por la rata macho repercuten en la funcionalidad EEG de la COF y de la ABL de una forma diferencial. Por los datos que existen, nosotros pensábamos que sólo la interrupción de la cópula provocaría cambios importantes en la actividad EEG durante la vigilia y el sueño paradójico, sin embargo, los presentes datos muestran que ambas experiencias sexuales se asocian con cambios EEG específicos en ambas estructuras y en ambos estados de vigilancia (vigilia y sueño paradójico).

Se ha sugerido que la arquitectura del sueño depende de la naturaleza de los eventos experimentados durante el periodo de vigilia que lo precede (García-García y Drucker-Colín, 1999)

Esta noción ha sido corroborada en diferentes especies en relación a la ingesta de comida (Roky y cols, 1999, 2001), estrés (Korideze y cols., 2003) ejercicio (Revisado en Driver y cols., 2000), actividad sexual (Vázquez-Palacios y cols. 2002), entre otras. Los presentes resultados apoyan esta noción, mostrando que en ratas la PR y la correlación de la COF y de la ABL es diferencialmente modificada por la experiencia sexual a que la rata macho fue sometida. Recientes estudios en ratas indican que los principales efectos de la actividad sexual sobre el sueño son observados durante las primeras 4 horas después de la condición experimental, regresando a valores normales aproximadamente 8 horas después (Vázquez-Palacios y cols., 2002; Jiménez-Anguiano y cols., 2003). En este trabajo los registros EEG posteriores a la experiencia sexual se efectuaron efectivamente durante las 4 horas después, inmediatas a la ocurrencia de la experiencia sexual, por lo tanto, es factible pensar que todos los cambios EEG descritos sean un reflejo del procesamiento cerebral que se llevó a cabo en estas estructuras durante los periodos de vigilia y sueño paradójico.

El principal objetivo de este estudio fue tratar de determinar si las experiencias sexuales vividas por la rata macho se correlacionaban con cambios EEG de la COF y de la ABL durante la vigilia y el SP, sin embargo, un punto muy importante a considerar en

esta discusión es recordar que la funcionalidad de estas estructuras cerebrales es influenciada por la funcionalidad de otras estructuras y sistemas de neurotransmisión (serotonérgico, glutamatérgico, GABAérgico, etc.), de modo que la actividad EEG registrada en estas estructuras durante los diferentes periodos de vigilia y sueño paradójico consideradas en este estudio, reflejan o representan el funcionamiento global e integral de diferentes sistemas neuroquímicos y estructuras cerebrales.

Así pues, los presentes resultados confirman la hipótesis propuesta de que las experiencias emocionales afectan la funcionalidad cerebral durante la vigilia y el sueño paradójico. Los mecanismos neuroquímicos involucrados así como el grado de afectación a otras estructuras cerebrales es difícil de determinar con esta aproximación electrofisiológica, por lo que hay varios puntos que deben ser considerados en esta discusión: Primero, la actividad EEG en la COF y en la ABL no refleja exclusivamente el procesamiento de la experiencia emocional, sino también aspectos de ejecución motora y procesamiento sensorial, además, la actividad en estas estructuras se relaciona con la activación de diferentes sistemas de neurotransmisión. Por lo tanto, investigaciones adicionales, particularmente la evaluación EEG de estas y otras estructuras en relación a la estimulación sensorial copulatoria así como la medición de neurotransmisores que se han relacionado con la modulación del SP (serotonina, noradrenalina, acetilcolina, dopamina, neuropeptidos, etc.) junto con el registro simultáneo de EEG durante los diferentes estados de vigilia y sueño analizados en este estudio, serían requeridos para fundamentar el papel específico del SP en el procesamiento de los estados afectivo-emocionales y motivacionales posteriores a una experiencia sexual placentera y/o displacentera.

CONCLUSIONES

Se encontró que en ratas macho sexualmente expertas, las experiencias sexuales recompensantes (hasta eyaculación) y no recompensantes (cópula interrumpida) se asociaron con un decremento de la PR de las frecuencias rápidas en la COF y ABL del hemisferio derecho durante la VPI y la VPE, así como con cambios característicos de la PR en la COF izquierda y derecha durante el SPPI y el SPPE, lo que pudiera indicar que la experiencia sexual afectó la PR de estas estructuras, tanto durante la vigilia como durante el sueño paradójico inmediato posterior a la experiencia sexual, dependiendo de si la experiencia sexual a la que fueron expuestos haya sido recompensante o no.

La VPSPE fue la que presentó mayores diferencias respecto a las otras condiciones de vigilia. Tanto en la COF como en la ABL, se caracterizó por presentar una menor PR de las frecuencias lentas y una mayor PR de las frecuencias rápidas respecto a la VPE. Similarmente, mostró una marcada reducción de la correlación interamigdalina y un incremento de la correlación intrahemisférica tanto derecha como izquierda con respecto a la VB, a la VPI y a la VPSPI, lo que pudiera sugerir que durante el sueño paradójico posterior a la cópula recompensante se llevó a cabo un procesamiento de las experiencias emocionales experimentadas durante la experiencia placentera de la eyaculación, tal que este cambio es observable en la vigilia posterior al sueño paradójico sólo de las ratas que copularon hasta eyacular.

La experiencia sexual no recompensante también influyó de manera importante en la vigilia y el sueño paradójico. Durante la VPSPI se encontró un importante incremento de la correlación intrahemisférica derecha, específicamente en el rango de theta, respecto a la VB y a la VPE, por tanto, consideramos que este incremento en la correlación de theta podría ser un indicador EEG de la memoria emocional relacionada con la interrupción de la cópula aún después del sueño paradójico. Esta propuesta sería sustentada por el incremento de la PR de las frecuencias rápidas durante el SPPI respecto al SPPE, así como por la mayor correlación interamigdalina e intrahemisférica que se manifestó durante el SPPI respecto al SPPE y SPB.

Así pues, estos resultados muestran que las experiencias sexuales recompensantes y no recompensantes se asocian con cambios diferenciales en la funcionalidad y correlación de la COF y ABL. En términos generales, los presentes datos muestran que la ansiedad moderada que se ha sugerido es generada por la interrupción de la cópula en la rata macho repercute de manera más importante sobre las características EEG del sueño paradójico y sobre la correlación intrahemisférica derecha, mientras que la experiencia sexual placentera (con eyaculación) influye más sobre las características EEG de la VPSPE.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrams JK, Johnson PL, Hay-Schmidt A, Mikkelsen JD, Shekhar A, & Lowry CA. (2005).. Serotonergic systems associated with arousal and vigilance behaviors following administration of anxiogenic drugs. *Neuroscience*. 133(4), 983-997.
- Agmo, A. (1999). Sexual motivation- an inquiry into events determining the occurrence of sexual behavior. *Behavioral and Brain Research*, (105) 129-150
- Arshavsky, V.V., & Rotenberg, V.S. (1978). Changes in sleep structures under emotional stress. Fourth European Congress on sleep Research. Tirus-Mures, Romania, 7.
- Blundell, P., Hall, G., & Killcross, S. (2001). Lesions of the basolateral amygdala disrupt selective aspects of reinforcer representation in rats. *The Journal of Neuroscience*, 21, (22), 9018-9026
- Boland, B. D., & Dewsbury, D. A. (1971). Characteristics of sleep following sexual activity and wheel running in male rats. *Neuroscience Letters*. 6, 145-149
- Bonnet, C., Baulet, V., Debilly., G. , & Cespuglio, R. (1997). Influence of 1 h immobilization stress on the states and corticotropin-like intermediate lobe peptide (CLIPOR, ACTH18-39, PR ACTH18-39). brain contents in the rat. *Brain Research*, 751, 54-63.
- Borbély, A. (1986). Secrets of sleep. Basic Books, E.U
- Burgess, H.J., & Eastman, C.I. (en prensa). A late wake time phase delays the human dim light melatonin rhythm. *Neuroscience Letters*
- Buzsáky, G. (2002). Theta Oscillations in the Hippocampus. *Neuron*, 33 (3), 25–340
- Calvo JM, Badillo S, Morales-Ramirez M, & Palacios-Salas P. (1987). The role of the temporal lobe amygdala in ponto-geniculo-occipital activity and sleep organization in cats. *Brain Research*, 403, 22-30.
- Calvo, J.M. (1995). El sueño MOR y el sistema límbico: aspectos biológicos de las ensoñaciones. Temas selectos de neurociencias (Javier Velásquez Moctezuma coord.).

- Calvo, J.M., & Fernández-Guardiola, A. (1984). Phasic activity of the basolateral amygdala, cingulate gyrus, and hippocampus during REM sleep in the cat. *Sleep* 7 (3), 202-210
- Castro-Alamancos, MA.(2004). Dynamics of sensory thalamocortical synaptic networks during information processing states. *Progress in Neurobiology*. 4(4), 213-47.
- Cervantes M, de la Torre L., & Beyer, C. (1975). Análisis of various factors involved in EEG synchronization during milk drinking in the cat. *Brain Research*, 91, 89-98
- Cervantes, M., Ruelas, R., & Alcála, V. (1992). EEG signs of relaxation behavior during breastfeeding in a nursing woman. *Archives of Medical Research*. 23, 123-127
- Corsi-Cabrera M, Perez-Garci E, Del Rio-Portilla Y, Ugalde E, & Guevara MA. (2001). EEG bands during wakefulness, slow-wave, and paradoxical sleep as a result of principal component analysis in the rat. *Sleep*. 24(4), 374-80.
- Corsi-Cabrera M, Ponce-De-Leon M, Juarez J, & Ramos J. (1994). Effects of paradoxical sleep deprivation and stress on the waking EEG of the rat. *Neuroscience Letters* . 55(6), 1021-7.
- Corsi-Cabrera, M. (1983). Psicofisiología del sueño, Trillas, México
- Corsi-Cabrera, M., Guevara, M. A., Arce, C., & Ramos, J. (1996). Inter and intrahemispheric EEG correlation as a function of sleep cycles. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. 20, 387-405
- Corsi-Cabrera, M., Miró, E., Pérez-Garci, E., Villanueva, Y., & Guevara, M.A. (2003). Rapid eye movement sleep dreaming is characterized by uncoupled EEG activity between frontal and perceptual cortical regions. *Brain and Cognition*. 51, 337-345
- Corsi-Cabrera, M., Ramos, J & Meneses, S. (1989). Effect of normal sleep and sleep deprivation on interhemispheric correlation during subsequent wakefulness in man, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 72(4), 305-311
- Dringenberg, H. C., Saber, A. J., & Cahill, L. (2001). Enhanced frontal cortex activation in rats by convergent amygdaloid noxious sensory signals. *Neuroreport*. 12, 2395-2398
- Driver,H.S., & Taylor, S.R. (2000). Exercise and sleep. *Sleep Medicine Reviews*. 4, 387–402

- Duran Hernández, P. (2000). Correlación de la actividad hipocámpica y del EcoG en ratas malnutridas. Tesis de Doctorado, UNAM-UAQ
- Escobar Briones, C., & Aguilar Roblero, R. (2002). ¿Qué son las conductas motivadas? Una breve historia. In: Motivación y conducta. Sus bases biológicas. Carolina Escobar Briones y Raúl Antonio Aguilar Roblero (Compiladores). Manual Moderno, México 1-11
- Fernández-Guasti, A., Roldán-Roldán, G., & Saldívar, A. (1989). Reducción in anxiety after ejaculation in the rat. *Behavioural Brain Research*, 32, 23-29
- Fernández-Guasti, A., Roldán-Roldán, G., & Saldívar, A. (1990). Pharmacological manipulation of anxiety and male rat sexual behavior. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*. 35, 263-267.
- Gallagher, M., McMahan R. W., & Schoenbaum, G. (1999). Orbitofrontal cortex and representation of incentive value in associative learning. *Journal of Neurophysiology*, 19(15), 6610-6614
- Gao, Jun , Jing-Xing Zhang , & Tian-Le Xu (2002). Modulation of serotonergic projection from dorsal raphe nucleus to basolateral amygdala on sleep-waking cycle of rats. *Brain Research*. 945(1), 60-70.
- García-García, F., & Drucker-Colín, R. (1999). Endogenous and exogenous factors on sleep-wake cycle regulation. *Progress in Neurobiology*. 58, 297-314
- Goldenberg, F. (1993). Le sommeil et les rythmes biologique dans la depresion metabolications pour la antidepresseurs. *Review in Neurophysiology Clinical* 487-515.
- Goodenough, D.R., & Witkin, H.A. (1975). The effect of stress films on respiration and eye movement activity during rapid eye movement sleep. *Psychophysiology*. 12, 313-320.
- Guevara, M. A. (1995). Aplicación del análisis de correlación a la actividad electroencefalográfica. Tesis de doctorado, UNAM
- Hernandez-Gonzalez M, Navarro-Meza M, Prieto-Beracoechea CA, & Guevara MA. (2005a). Electrical activity of prefrontal cortex and ventral tegmental area during rat maternal behavior. *Behavioral Processes*. 70(2), 132-43

- Hernandez-Gonzalez M, Prieto-Beracoechea C, Navarro-Meza M, Ramos-Guevara JP, Reyes-Cortes R, & Guevara MA. (2005b). Prefrontal and tegmental electrical activity during olfactory stimulation in virgin and lactating rats. *Neuroscience Letters*. 83(5), 749-58
- Hernández-González. Guevara, M. A., Cervantes, M., Morali, G., & Corsi-Cabrera, M. (1998). Characteristic frequency bands of cortico-frontal EEG during the sexual interaction of the male rat as a result of factorial análisis. *Journal of Physiology* 92, 43-50
- Ioannides AA, Corsi-Cabrera M, Fenwick PB, del Rio Portilla Y, Laskaris NA, Khurshudyan A, Theofilou D, Shibata T, Uchida S, Nakabayashi T, & Kostopoulos GK. (2004). MEG tomography of human cortex and brainstem activity in waking and REM sleep saccades. *Cerebral Cortex*. 14(1), 56-72
- Jiménez-Anguiano, A., Arteaga-Silva, M., & Velásquez-Moctezuma, J. (2002). Masculine sexual activity affects slow wave sleep in golden hamsters. *Brain Research Bulletin* 59 (6), 429-432
- Johnson, L.C. (1973). Are stages of sleep related to waking behavior? *American Scientist*, 1973, 61, 326-337.
- Juárez, J. & Corsi-Cabrera, M. (1995). Sex differences in intrahemispheric correlation and spectral power of EEG activity. *Brain Research Bulletin*. 38 (2),149-151
- Karashima A, Nakamura K, Watanabe M, Sato N, Nakao M, Katayama N, & Yamamoto M (2001). Synchronization between hippocampal theta waves and PGO waves during REM sleep. *Psychology and Clinical Neuroscience*, 55, 189-190,
- Karlsson K. Æ., & Blumberg, M. S. (2003). Hippocampal theta in the newborn rat is revealed under conditions that promote REM sleep. *The Journal of Neuroscience*. 23(4), 1114 –1118
- Kawakami, M., & Yoshida, K. (1965). Influence of related substances of triarboxylic acid cycle upon paradoxical sleep. *Japanese Journal of Physiology*.15, 140-154.
- Kilpatrick, L., & Cahill, L. (2003). Modulation of consolidation for olfactory learning by reversible inactivation of the basolateral amygdala. *Behavioral Neuroscience* 117 (1), 184-188

- Koridze, M., Kavkasidze, M., & Barbakadze, M. (2003). Influence of immobilization stress on the wakefulness-sleep cycle. *Neurobiology of Sleep-Wakefulness Cycle* 3 (2), 58-63
- Kurtz R.G., & Adler N.T., (1973). Electrophysiological correlates of copulatory behavior in the male rat. *Journal of Comparative Physiology and Psychology.*, 84, 225-239.
- Lamond, N., Dorrian, J., Roach, G. D., McCulloch, K., Holmes, A. L., Burgess, H. J., Fletcher, A., & Dawson, D. (2003). The impact of a week of simulated night work on sleep, circadian phase, and performance. *Occupational and Environmental Medicine.* 1-9
- Larsson, K. (1956). Conditioning and sexual behavior in the male albino rat. Elmgreen, J. (Ed.). *Acta Psychologica Gothoburgensia.* Estocolmo.
- Manzo-Denes, J., Hernández-Aguilar, M. E., & Pacheco-Cabrera, P. (2002). Conducta sexual masculina. En: *Motivación y conducta: sus bases biológicas*, Carolina Escobar Briones y Raúl Aguilar Roblero (Compiladores). Manual Moderno, México, 255-74
- Maquet P, Peters J, Aerts J, Delfiore G, Degueldre C, Luxen A, & Franck G (1996). Functional neuroanatomy of human rapid-eye-movement sleep and dreaming. *Nature.* 383, 163-166
- Maquet, P, Laureys, S., Peigneux, P., Fuchs, S. , Petiau, C , Phillips, P. , Aerts, J. , Del Fiore, G. , Degueldre, C. , Meulemans , T. , Luxen, A. , Franck, G. , Van der Linden, M. , Smith, C , & Cleeremans, A. (2000). Experience-dependent changes in cerebral activation during human REM sleep. *Nature Neuroscience.* 8, 831-836
- McAlonan, K., & Brown, V. J. (2003). Orbital prefrontal cortex mediates reversal learning and not attentional set shifting in the rat. *Behavioral Brain Research.* 146, 97-103
- McDonald, A. J. (1998). Cortical Pathways to the mammalian amygdala. *Progress in Neurobiology* 55, 257-332
- McGaugh J.L. (2004). The amygdala modulates the consolidation of memories of emotionally arousing experiences. *Annual Review of Neuroscience.* 27,1-28

- Monti, J. M., & Monti, D. (1999). Functional role of serotonin 5-HT1 and 5-HT2 receptor in the regulation of REM sleep. En: Rapid Eye Movement Sleep (B. N. Mallik y S. Inoué). Marcel Dekker, Nueva York, 51-68
- Morrison, A. R., Sanford, L. D., & Ross, R. J. (1999). Initiation of rapid eye movement sleep: beyond the brainstem. En: Rapid Eye Movement Sleep (B. N. Mallik y S. Inoué). Marcel Dekker, Nueva York, 51-68
- Morrison, A.R., Sanford, L.D., & Ross, R.J (2000). The amygdala: A critical modulator of sensory influence on sleep *Biological Signals and Receptors*, 9,283–296
- Nofzinger E.A., Mintun M.A., Wiseman M., Kupfer D. & Moore R.Y. (1997). Forebrain activation in REM sleep: An FDG PET study. *Brain Research*, 770, 192-201
- Öngur, D. & Price, J. L. (2000). The organization of networks within the orbital and medial prefrontal cortex of rats, monkeys and humans. *Cerebral Cortex*. 10, 1047-3211
- Oniani T, & Lortkipanidze L. Motivational aspect of the paradoxical phases of sleep. (2003a). *Neurobiology of Sleep-Wakefulness Cycle*. 3(2), 44-57
- Oniani T, & Lortkipanidze L. Effect of paradoxical sleep deprivation on the learning and memory. (2003b). *Neurobiology of Sleep-Wakefulness Cycle*. 3(1), 9-43
- Palma, B.D., Suchecki, D., & Tufik, S. (1999). Differential effects of acute stressors on the sleep of the rats. *Sleep Research Online*, 2 (Suppl. 1), 69.
- Paxinos, G., Watson (1997). The rat brain in stereotaxic coordinates. Academic Press. New York
- Pickens, C.L., Saddoris, M. P., Setlow, B., Gallagher, M., Holland, P. C., & Schoenbaum, G. (2003). Different roles for orbitofrontal cortex and basolateral amygdala in a reinforcer devaluation Task. *The Journal of Neuroscience*. 23(35) 11078 –11084.
- Pitkänen, A (2000). Connectivity of the rat amygdaloid complex. En: The Amygdala. A functional analysis (John P. Aggleton Edit.). Oxford University Press
- Raghavachari,S., Kahana,M. J., Rizzuto, D. S., Caplan,J. B., Kirschen, M. P., Bourgeois, B., Madsen, J. R., & Lisman, J. E. (2001). Gating of Human Theta Oscillations by a Working Memory Task. *The Journal of Neuroscience*. 21(9), 3175–3183
- Rampine, C. , Cespuglio, R. , Chastretta, N. , & Jouvet, M. (1991). Immobilization stress induced a paradoxical sleep rebound in rats. *Neuroscience Letter*. 126, 113-118.

- Roky, R., Chapotot, F., Hakkou, F., Benchekroun, M.T., & Buguet, A. (2001). Sleep during ramadan intermittent fasting *Journal of Sleep Research*. 10, 319-327
- Roky, R., Kapás, L., Taishi, P., Fang, J., & Krueger, J.M. (1999). Food restriction alters the diurnal distribution of sleep in rats. *Physiology & Behavior*. 67 (5), 697–703
- Ross, R. J., Ball, W. A., Sanford, L. D., Morrison, A. R., Dinges, D. F., Silver, S. M., Kribbs, N. B., Mulvaney, F. D., Gehrman, P. R., & McGinnis, D. E. (1999). Rapid eye movement sleep changes during the adaptation night in combat veterans with posttraumatic stress disorder. *Biological Psychiatry*. 45(7), 938-941
- Ross, R.J., Ball, W.A., & Sullivan, K. (1989). Sleep disturbances as the hallmark of posttraumatic stress disorders. *American Journal of Psychiatry*., 146, 697-707.
- Rotenberg, v. s. (2000). sleep after immobilization stress and sleep deprivation: common features and theoretical integration. *Critical Review of Neurobiology*, 14(3,4), 225-231
- Saddoris, M. P., Gallagher, M., & Schoenbaum, G. (2005). Rapid associative encoding in basolateral amygdala depends on connections with orbitofrontal cortex. *Neuron*. 46, 321–331
- Santhi, N., Duffy, J.F., Horowitz , & T.S., Czeisler, C.A. (2005). Scheduling of sleep/darkness affects the circadian phase of night shift workers *Neuroscience Letters* 384, 316–320
- Schoenbaum G., Setlow B., Nugent S.L., Saddoris M.P. & Gallagher M. (2003). Lesions of orbitofrontal cortex and basolateral amygdala complex disrupt acquisition of odor-guided discriminations and reversals. *Learn and Memory*, 10, 129-140
- Schoenbaum G., Setlow B., Nugent S.L., Saddoris M.P. & Gallagher M. (2003). Lesions of orbitofrontal cortex and basolateral amygdala complex disrupt acquisition of odor-guided discriminations and reversals. *Learn and Memory*, 10, 129-140
- Schoenbaum, G, Chiba, A. A., & Gallagher, M. (1998). Orbitofrontal cortex and basolateral amygdala encode expected outcomes during learning. *The Journal of Neuroscience* 1(2), 155-159
- Schoenbaum, G, Chiba, A. A., & Gallagher, M. (2000). Changes in functional connectivity in orbitofrontal cortex and basolateral amygdala during learning and reversal training. *The Journal of Neuroscience* 20(13), 5179-5189

- Schoenbaum, G, Chiba, A. A., & Gallagher, M. (2001a). Neural encoding in orbitofrontal cortex and basolateral amygdala during olfactory discrimination learning. *The Journal of Neuroscience* 19(5). 1876-1884
- Schoenbaum, G. & Setlow, B. (2001b). Integrating orbitofrontal cortex into prefrontal theory: common processing themes across species and subdivisions. *Learn and Memory* 8, 134-147
- Schoenbaum, G., Barry Setlow, B., Saddoris, M. P., & Gallagher, M. (2003). Encoding predicted outcome and acquired value in orbitofrontal cortex during cue sampling depends upon input from basolateral amygdale. *Neuron*. 39, 855–867
- Shaw, J. C., O' Connor, K. P, & Ongley , C. (1977). The EEG as a cerebral functional organization. *Brazilian Journal of Psychiatry*. 130, 260-64
- Shaw, J.C. (1984). Correlation and coherence analysis of the EEG: a selective tutorial review. *International Journal of Psychophysiology*. 1 (3), 255-66
- Steriade, M. (1992). Basic mechanisms of sleep generation. *Neuron*, 42 (6), 9-18
- Steriade, M.(2003). *Neuronal substrate of sep and epilepsy*. Cambridge University Press, 42
- Thannickal C. T., & Velayudhan M. K. (2000). Effect of Ambient Temperature on Sleep-Wakefulness in Normal and Medial Preoptic Area Lesioned Rats. *Sleep Research Online* 3(3), 141-145
- Tononi, G., Sporns, O., & Edelman, G. M. (1992). The problem of neural integration: Induced rhythms and short-term correlations. In: *Induced rhythms in the brain*. Brain dynamics series E. Başar y T. H. Bullock, (Editors). 1992 Birkhaus Boston, 367-395
- Uchida, S., Masaki, N. Nobuhide, H., & Fumikazu, M., (2001). Does hippocampal theta exists in the human brain? *Neurobiology of Sleep-Wakefulness Cycle*. 1 (1), 1-8
- Uylings, H. B. M., Groenewegen, H. J., & Kolb, B. (2003). Review. Do rats have a prefrontal cortex? *Behavioural Brain Research*. 146, 3-17
- Vázquez-Palacios, G, Bonilla-Jaime, H., Retana-Marquez, S., & Velázquez-Moctezuma, J. (2002). Copulatory activity increases slow-wave sleep in the male rat. *Journal of Sleep Research* 11, 237-245

- Vázquez-Palacios, G., & Velásquez Moctezuma, J. (1997). Estrés y sueño. En: Medicina del sueño: aspectos básicos y clínicos. Javier Velásquez Moctezuma (editor). Sociedad Mexicana de sueño-UAM-I, 149-172. UAM-Iztapalapa, México
- Vertes, R.P., Hoover, W.B., & Di Prisco, G.V. (2004). Theta rhythm of the Hippocampus: Subcortical Control and Functional Significance. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*. 3(3), 173-200
- Vogel, G. W. (1999). REM sleep deprivation and behavioral changes. En: Rapid Eye Movement Sleep (B. N. Mallik y S. Inoué). Marcel Dekker, Nueva York, 355-366
- Vyazovskiy, V.V., Ruijgrok, G., Deboer, T., & Tobler, I. (2005). Running wheel accessibility affects the regional electroencephalogram during Sleep in Mice. *Cerebral Cortex*. 18, 2-9.

ANEXOS

AI

Actividad eléctrica cerebral y correlación

Las neuronas dentro de un grupo al tender a estar fuertemente conectadas, comparten muchas propiedades fisiológicas. Algunas de las propiedades como la tendencia a descargar de modo sincronizado son determinadas por interacciones cooperativas, resultado de las conexiones excitatorias e inhibitorias dentro de tales poblaciones, lo cual favorece la actividad eléctrica sincronizada temporalmente y en paralelo entre grupos neuronales, a través de diferentes vías de conexión que permite la asociación entre regiones distantes del cerebro, para construir una experiencia simultánea de la realidad. (Tononi y cols., 1992).

La similitud entre dos señales de actividad eléctrica espontánea (EEG, EcoG). se ha utilizado como un índice de comunicación de entre dos regiones o estructuras del cerebro, por medio de los análisis de coherencia (CoH). y de correlación (r). , ya que estos análisis consideran la estabilidad (CoH). o la relación de fase (r). existente entre las señales eléctricas de las regiones que se comparan (Shaw y cols., 1977, Shaw, 1984).

Es muy común que se utilicen los términos de correlación y coherencia como sinónimos, sin embargo, existen diferencias importantes en los procedimientos que se siguen para su cálculo y en los resultados que se obtienen en ambos. La Coh se calcula a partir del espectro cruzado de potencia y considera tanto las diferencias como las similitudes entre las frecuencias y la amplitud (voltaje)., relacionadas con la estabilidad de la señal entre dos canales o fuentes, así que si éstas se modifican al mismo tiempo, pero siguen siendo iguales entre sí, entonces no hay cambio en Coh, si por otro lado, al modificarse las señales se produce un cambio en la relación de fase o de la amplitud entre ambas, el índice de Coh indica un cambio en el comportamiento de las señales estudiadas. La Coh

no proporciona información directa de la verdadera relación de fase entre dos señales, sino únicamente sobre la estabilidad de esta relación con respecto a la potencia asimétrica y la relación de fase.

En tanto, la r considera tanto la relación de fase como la polaridad entre las dos señales que se están analizando, sin tomar en cuenta la amplitud o voltaje de la señal (basta con que ésta no sea cero). y permite determinar el grado de semejanza entre dos señales eléctricas durante un periodo de tiempo (semejanza morfológica). (Guevara, 1995).

El análisis de r ha sido de gran utilidad cuando se requiere saber el grado de diferenciación funcional al comparar la actividad eléctrica de dos regiones, una r alta permite inferir una organización funcional homogénea entre las dos regiones, mientras que una menor correlación indicaría lo contrario (Shaw y cols., 1977, Shaw, 1984). Así este análisis ha permitido demostrar que existe dimorfismo sexual en la organización cortical, en el macho se ha observado una mayor especialización hemisférica, en tanto en la hembra es evidente una representación bilateral, lo que indica una menor diferenciación funcional interhemisférica en este sexo (Corsi-Cabrera y cols., 1989, Juárez y Corsi-Cabrera, 1995).

Asimismo, se ha observado que la r inter e intrahemisférica varían de acuerdo al estado de vigilancia durante el ciclo sueño vigilia, (Guevara y cols., 1995, Corsi-Cabrera y cols., 1996). y que la r en la vigilia se ve afectada por la privación de sueño, lo cual se ha asociado con déficits cognoscitivos (Corsi-Cabrera y cols.1989).

All

Aparatos utilizados para la realización de los registros.



Figura 8. Máquina de captura de señales



Figura 9. Poligrafo



Figura 10. Caja sonoamortiguada, faradizada y slip-ring.

A III.

Ejemplos de estados de vigilancia registrados.

Estos registros se realizaron usando los siguientes programas: CAPTUEEG y CAPTUSUE elaborados por el Dr. Miguel Angel Guevara Pérez. Se muestran segmentos de dos segundos a una frecuencia de muestreo de 1024 Hz con 2048 puntos.

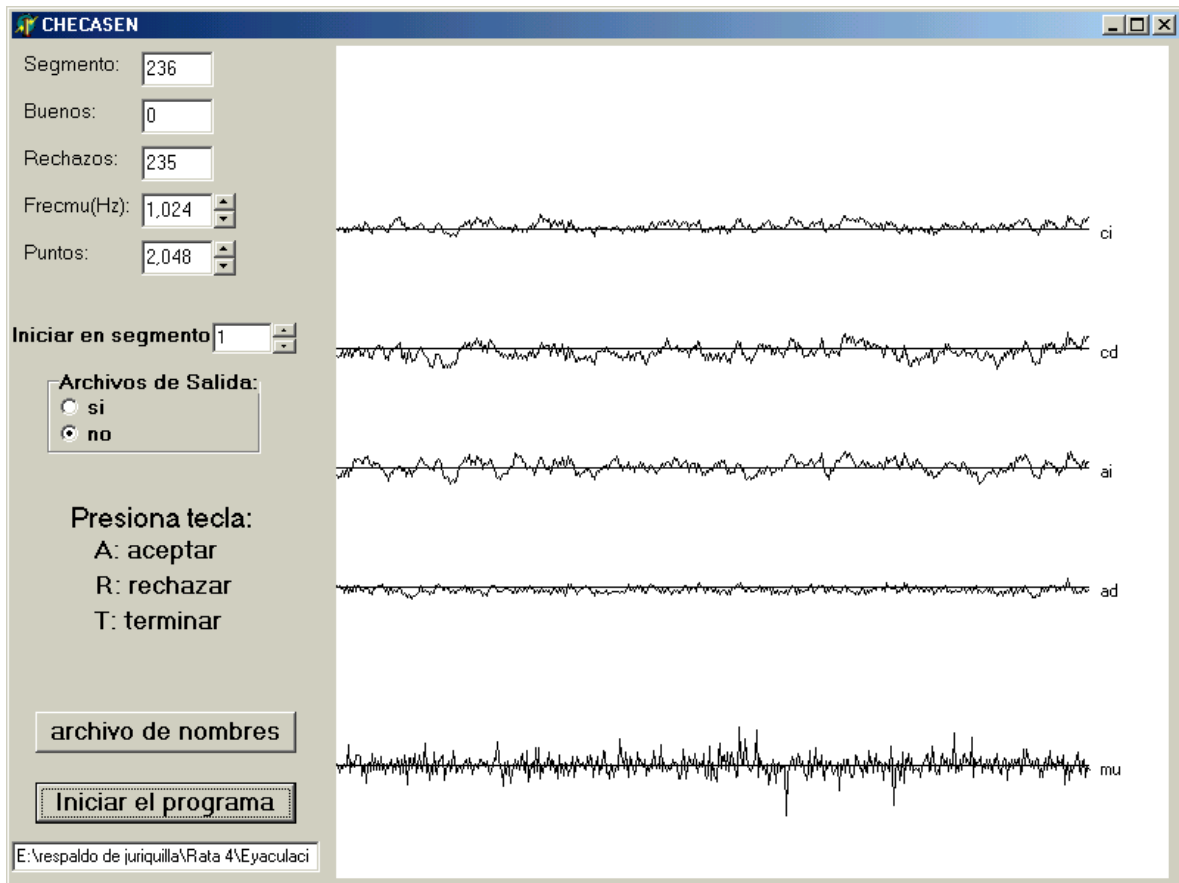


Figura 11. Vigilia activa.

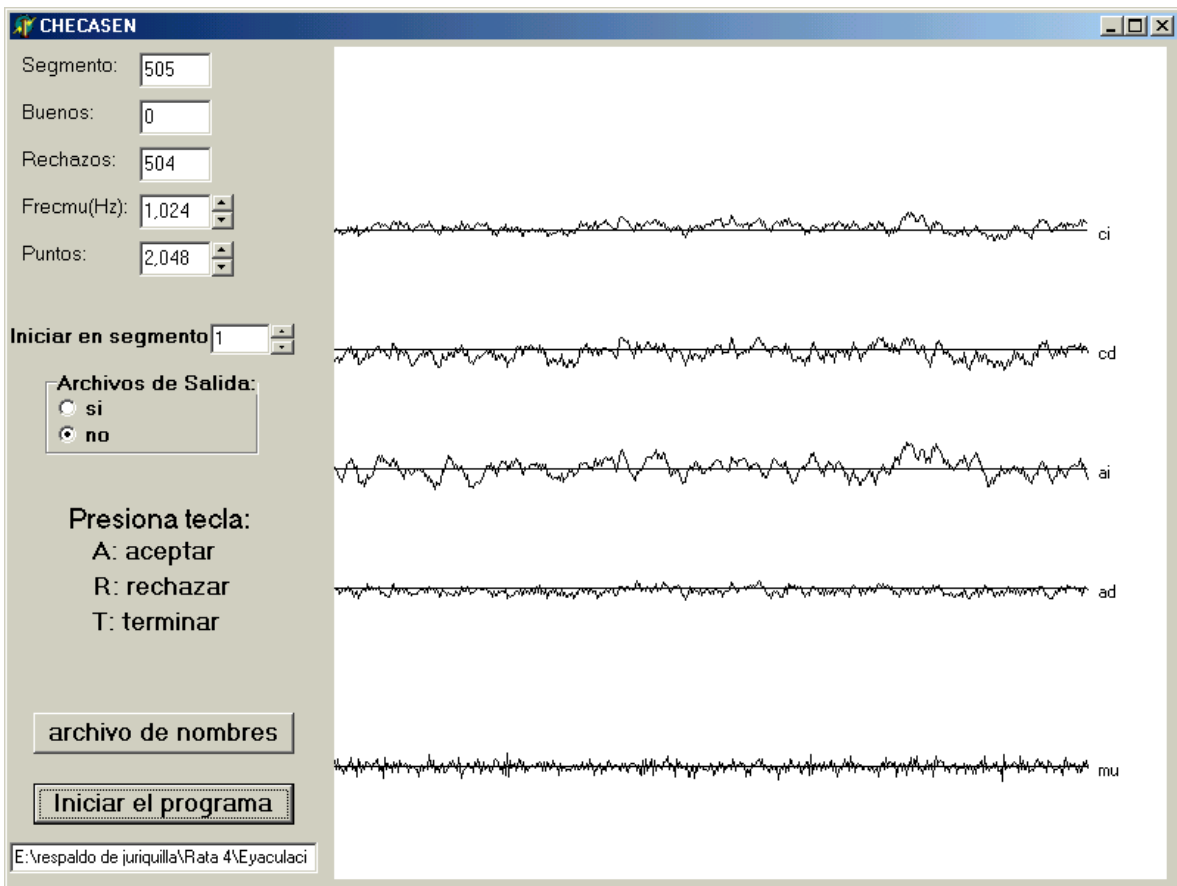


Figura 12. Ritmo theta de vigilia, se distingue por que no hubo un SOL previo, el animal tiene tono muscular y la frecuencia es diferente a SP. Sugiere vigilia atenta o husmeo.

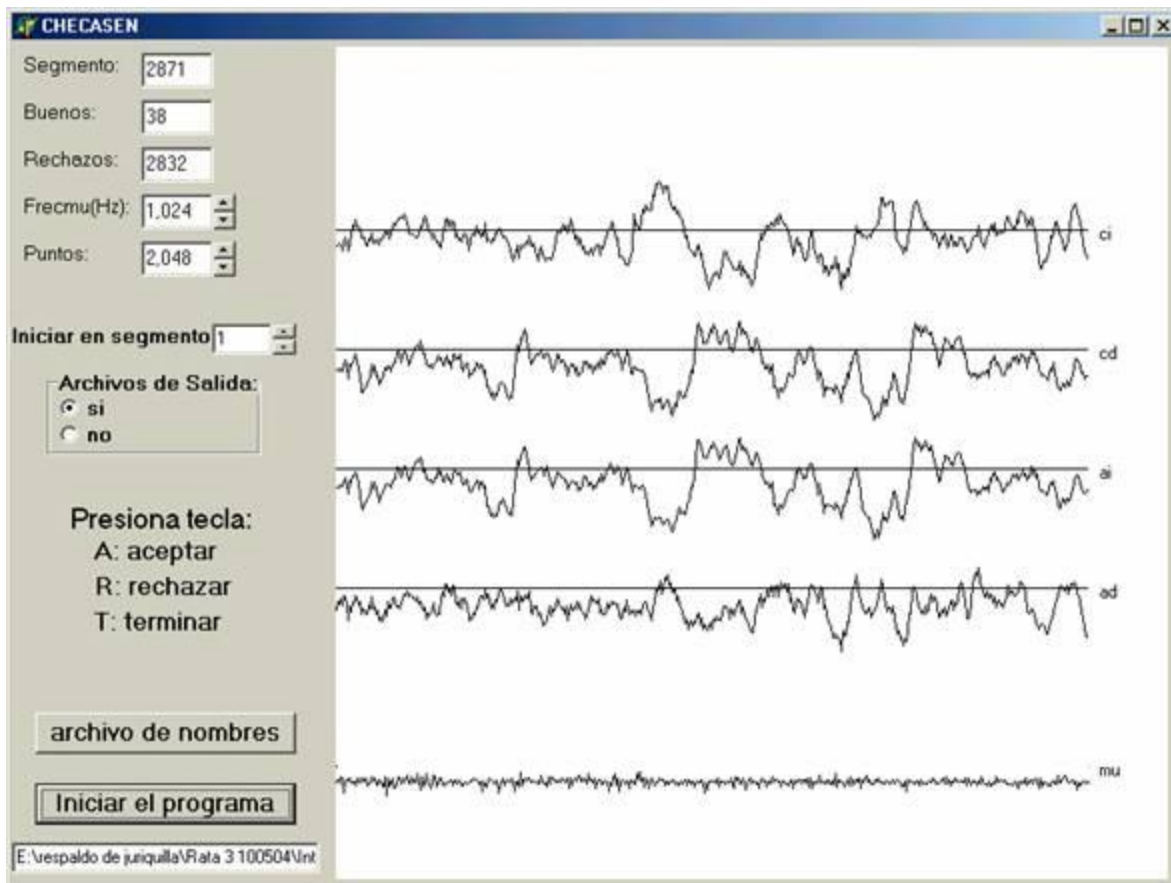


Figura 13. Sueño de Ondas lentas.

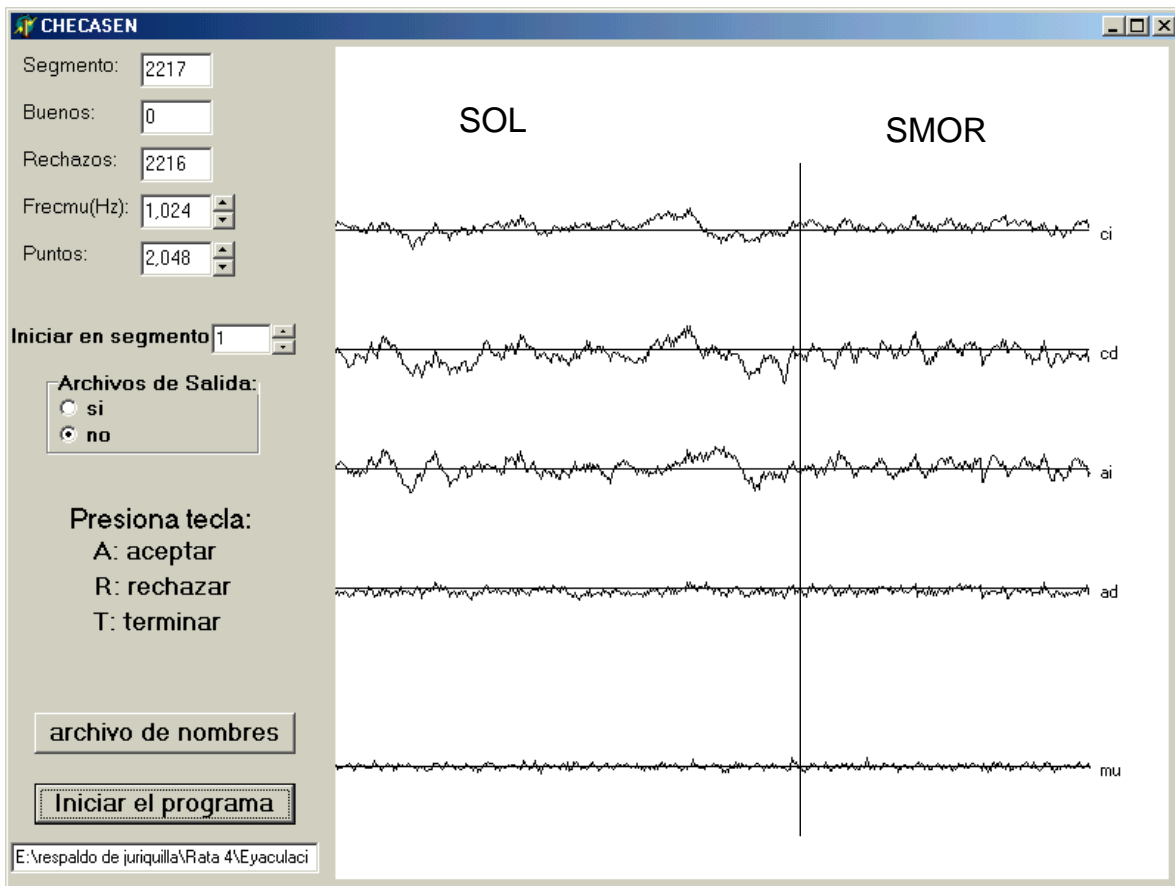


Figura 14. Estado de transición SOL a SP. Obsérvese la reducción en la amplitud y frecuencia de las ondas al ingresar al SP.

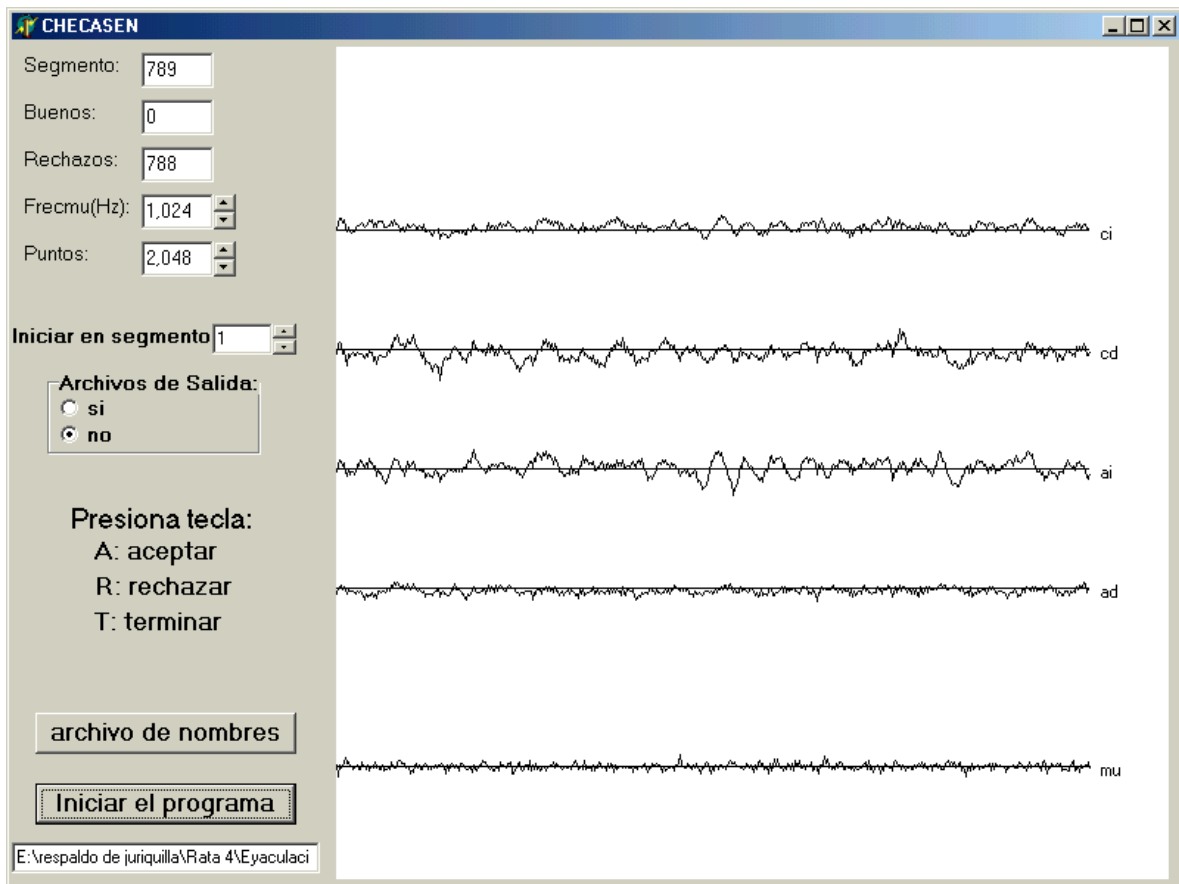


Figura 15. SP ritmo theta.

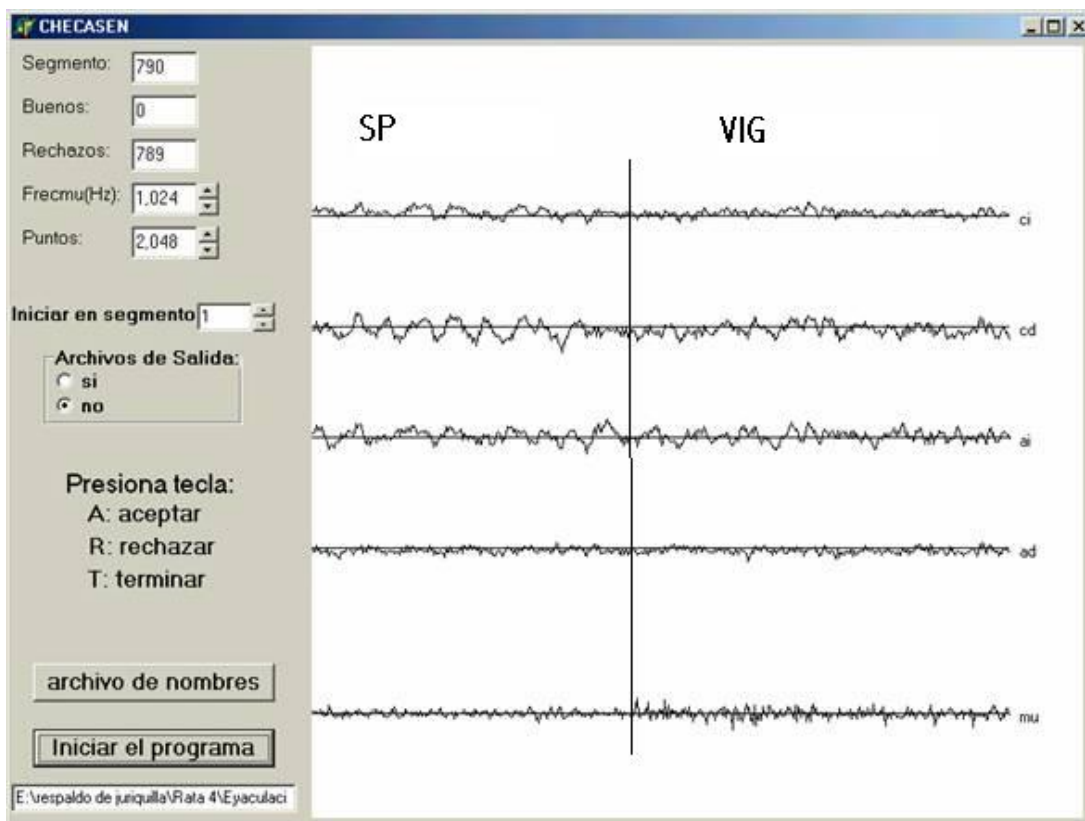


Figura 16. Estado de transición de SP a vigilia, la flecha señala ritmo theta. Obsérvese el cambio en las frecuencias y en el tono muscular.