

Estacionariedad débil en registros de polisomnográficos de adultos mayores, como posible marcador de deterioro cognitivo

Julio Cesar Enciso Alva

Licenciatura en Matemáticas Aplicadas

Seminario de investigación
Junio de 2017



- 1 Introducción
 - Antecedentes
 - Objetivos
- 2 Conceptos
 - Fisiología
 - Matemáticas
- 3 Metodología
 - Sujetos
- 4 Resultados
 - Resultados principales
 - Patrones visuales
 - Discusión
 - Conclusiones
 - Trabajo a futuro

Antecedentes

- Encuesta Intercensal 2015 (INEGI): 12,500,000 adultos mayores, 10.4 % de la población
- Posible relación trastornos del sueño y DC en la vejez
- Epidemiología del DC en Hidalgo: eficiencia del sueño
- DFA en registros de PSG: exponente de Hurst diferente en sujetos con y sin DC
- Se buscan marcadores clínicos para el diagnóstico de DC

Pregunta de investigación

¿Es posible que la caracterización de registros de PSG como series de tiempo débilmente estacionarias, pueda ser usada como un marcador en el diagnóstico clínico de PDC en adultos mayores?

Objetivos

General: Detectar, a partir de pruebas formales, la presencia de estacionariedad débil en registros de PSG para adultos mayores

- Específicos:**
- Estudiar la definición de estacionariedad y sus consecuencias en un modelo
 - Investigar cómo detectar si una serie de tiempo dada proviene de un proceso débilmente estacionario
 - Usando los análisis hallados, determinar si los datos considerados provienen de procesos débilmente estacionarios. Revisar si esta información muestra diferencias entre sujetos con y sin PDC

Conceptos

Adulto Mayor. Individuo de 60 años o más

Deterioro cognitivo leve¹. Alteración adquirida y prolongada de funciones cognitivas; no síndrome focal, no demencia

Sueño. Proceso vital cíclico complejo y activo; características:

- Disminución de conciencia y reactividad
- Fácilmente reversible
- Inmovilidad muscular
- Periodicidad circadiana
- Postura estereotipada
- La privación induce alteraciones

¹Usado como posible deterioro cognitivo (PDC)

Etapas de sueño

- Vigilia (W)** Presencia de ritmo alfa continuo con máxima amplitud sobre regiones de la corteza parieto-occipital. Tono muscular relativamente alto y ausencia de movimientos oculares.
- Fase 1 (N1)** Corresponde con la somnolencia o el inicio del sueño ligero, en ella es muy fácil despertarse. Presencia intermitente de ondas alfa en menos del 50 % de la época, actividad de frecuencias mezcladas y bajo voltaje, además de movimientos oculares lentos y algunas ondas agudas. La actividad muscular disminuye paulatinamente, pueden observarse sacudidas musculares súbitas que a veces coinciden con una sensación de caída.
- Fase 2 (N2)** Se caracteriza por patrones específicos de actividad cerebral conocidos como husos de sueño y complejos K. Puede aparecer hasta un 20 % de ondas lentas (ritmo delta). Ausencia de actividad ocular y tono muscular bajo. La temperatura, la frecuencia cardíaca y respiratoria disminuyen.

Conceptos

Definición (Estacionariedad débil)

Se dice de un proceso estocástico $\{X(t)\}$ si (...)

- $E[X(t)] = E[X(t + \tau)]$
- $E[X(t)X(s)] = E[X(t + \tau)X(s + \tau)]$

Teorema

Un proceso estocástico es débilmente estacionario si y sólo si (...)

- $E[X(t)] = \mu_X$
- $\text{Var}(X(t)) = \sigma_X^2$
- $\text{Cov}(X(t), X(s)) = \rho_X(s - t)$

Con μ_X , σ_X^2 constantes, $\rho_X(\tau)$ únicamente depende de τ

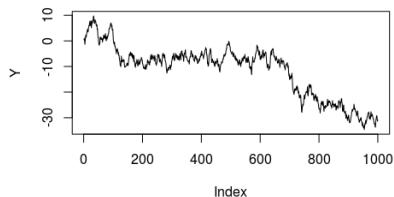
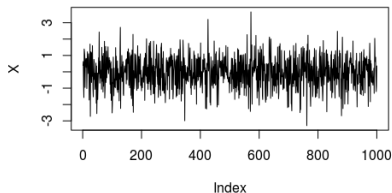
(...) = para cualesquiera tiempos admisibles $t, s, t + \tau, s + \tau$

Conceptos

Definición (Continuidad estocástica en media cuadrática)

Un proceso estocástico a tiempo continuo $\{X(t)\}$ es estocásticamente continuo en un tiempo admisible t_0 si y sólo si

$$\lim_{t \rightarrow t_0} E \left[(X(t) - X(t_0))^2 \right] = 0$$



Conceptos

Definición (Función de densidad espectral (SDF))

Sea $\{X(t)\}$ un proceso estocástico at tiempo continuo, débilmente estacionario. Se define la SDF para $\{X(t)\}$ como

$$h(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \text{E} \left[\frac{1}{2T} \frac{1}{2\pi} \left| \int_{-T}^T X(t) e^{-i\omega t} dt \right|^2 \right]$$

Sujetos

9 participantes cumplieron los criterios de exclusión y procedieron al registro de PSG:

- Firma del consentimiento informado
- Edad entre 60 y 85 años
- Diestros (mano derecha dominante)
- Sin ansiedad, depresión o síndromes focales
- No usar medicamentos o sustancias para dormir
- Voluntario para el registro de PSG

Sujetos

	Sexo	Edad	Esc.	Neuropsi	MMSE	SATS	KATZ	Gds
Gpo. Control								
VCR	F	59	12	107	29	21	0	3
MJH	F	72	9	113	30	18	0	0
JAE	F	78	5	102	28	19	0	5
GHA	M	65	9	107.5	30	23	0	7
MFGR	F	67	11	110	30	18	0	
$\hat{\mu}$		68.20	9.20	107.90	29.40	19.80	0.00	3.00
$\hat{\sigma}$		7.19	2.68	4.07	0.89	2.17	0.00	3.08
Gpo. PDC								
CLO	F	68	5	81	28	22	1	6
RLO	F	63	9	90	29	20	0	3
RRU	M	69	9	85	27	10	0	3
JGZ	M	65	11	87	25	20	0	1
$\hat{\mu}$		66.25	8.50	85.75	27.25	18.00	0.25	3.25
$\hat{\sigma}$		2.75	2.52	3.77	1.71	5.42	0.50	2.06
Sujetos excluidos								
FGH	M	71	9	83.5	21	23	0	4
MGG	F	61	9	114	28	29	1	14
EMT	M	50	22	106	30	15	0	4

Registro de PSG

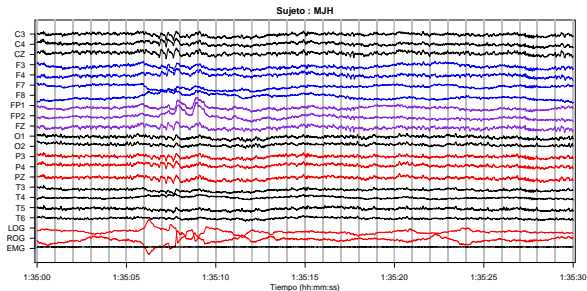


Figura: PSG: 19 electrodos EEG, 4 electrodos EOG (horizontal y vertical), 2 electrodos EMG en músculos submentonianos

Conceptos

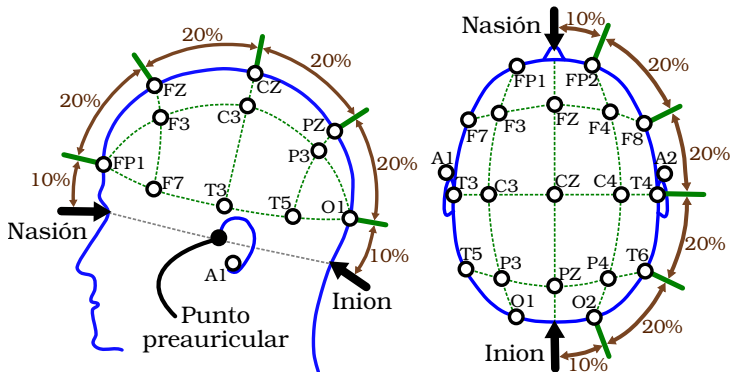


Figura: Sistema de referencia 10-20

Resultados principales

- Cada época fue clasificada 'posiblemente estacionaria' (PE) no se rechaza la hipótesis de estacionariedad ($\alpha < 0.05$) en PSR
- Debido a la variabilidad entre sujetos, se consideró la proporción de épocas PE en cada etapa

$$\% \text{ épocas PE} = \frac{\# \text{ épocas PE en MOR}}{\# \text{ épocas en MOR}}$$

- Las proporciones se compararon:
 - MOR vs NMOR (individual y grupal)
 - Grupo Control vs Grupo PDC (en cada etapa de sueño)

MOR vs NMOR, individual

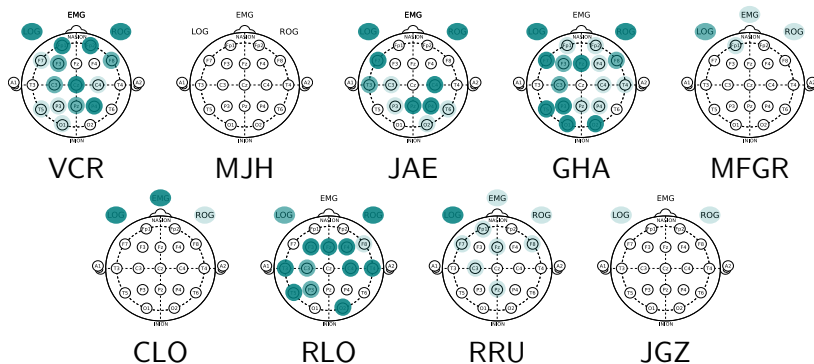
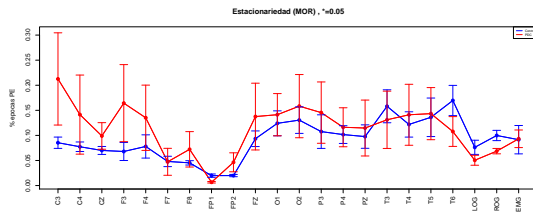


Figura: En azul las zonas donde se encontraron diferencias significativas

Gpo. Control vs Gpo. PDC

MOR



NMOR

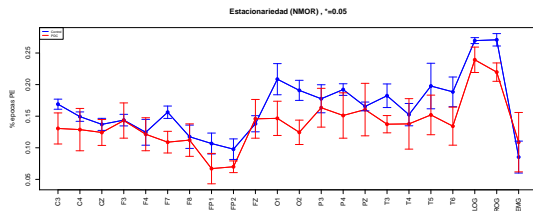
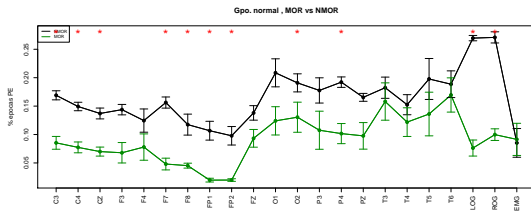


Figura: Promedio \pm 1 desviación estándar. Control: azul, PDC: rojo.

MOR vs NMOR, grupal

Gpo. Control



Gpo. PDC

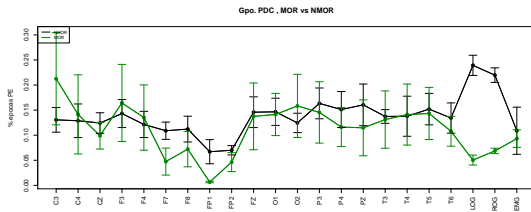


Figura: Promedio \pm 1 desviación estándar. MOR: verde, NMOR: negro.

MOR vs NMOR, diferencias significativas

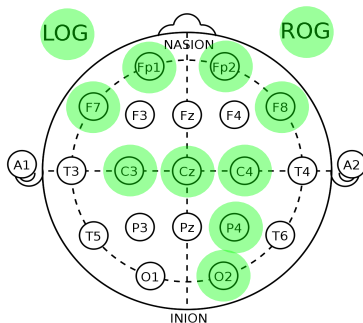


Figura: Sitios con diferencias significativas en la comparación entre el porcentaje de épocas PE durante sueño MOR y NMOR, para el grupo Control

Patrones visuales

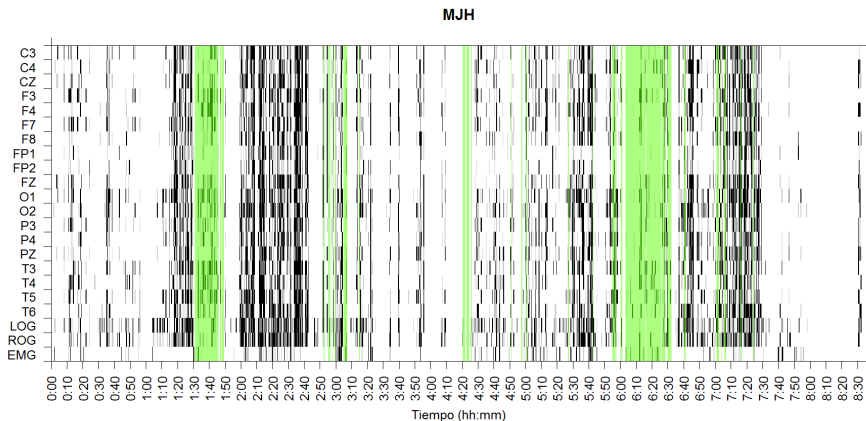


Figura: Disposición gráfica para los resultados de la prueba PSR. En verde el sueño MOR.

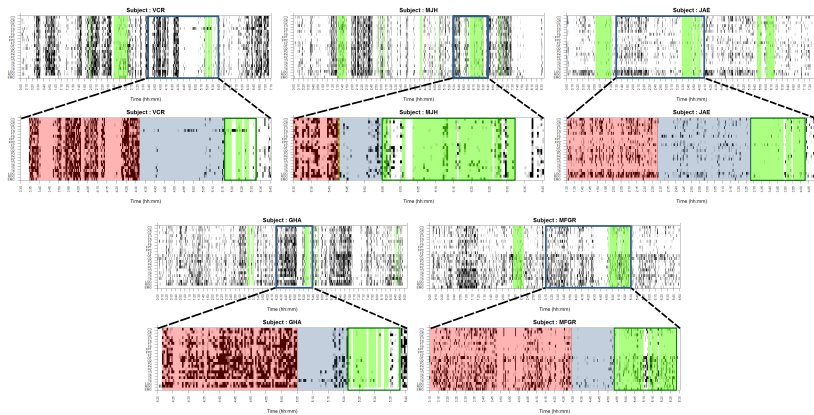


Figura: Patrones visuales que, se propone, está asociado con la aparición del sueño MOR

Sobre los sujetos excluidos

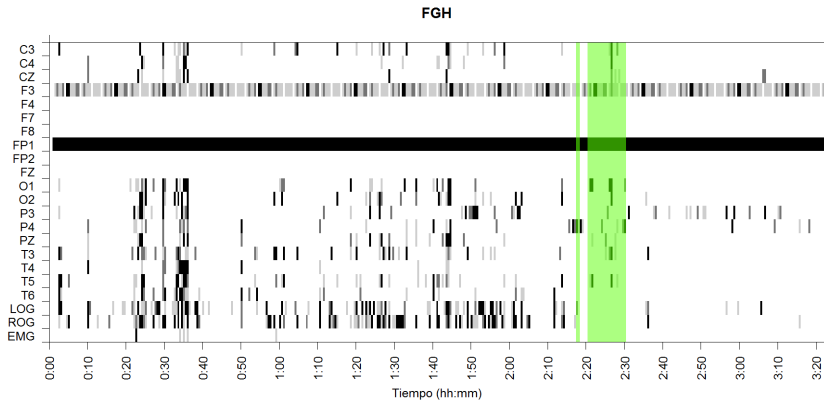


Figura: Compilado gráfico para el sujeto FGH.

Sobre los sujetos excluidos

Sujeto : FGH

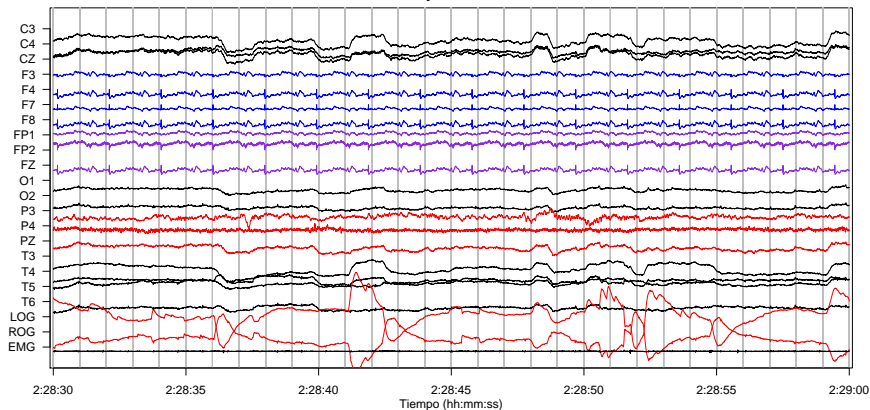
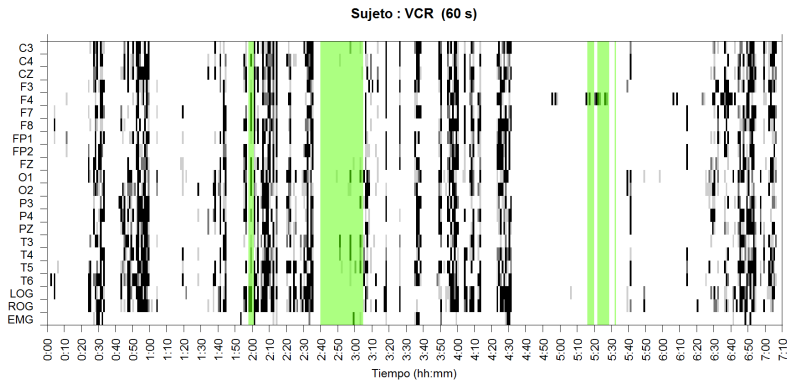
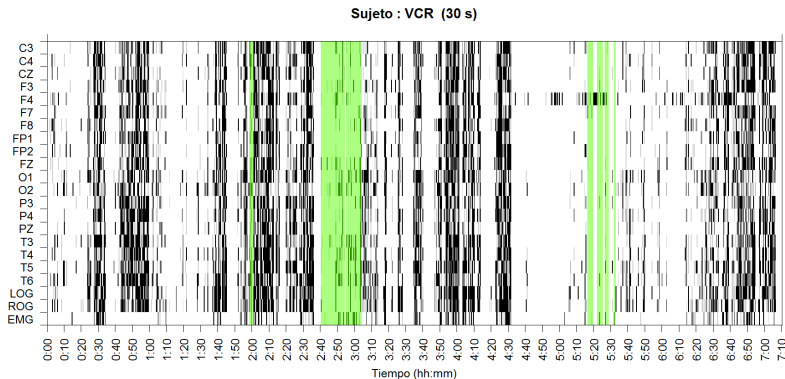


Figura: Una época típica del registro PSG para el sujeto FGH durante sueño MOR.

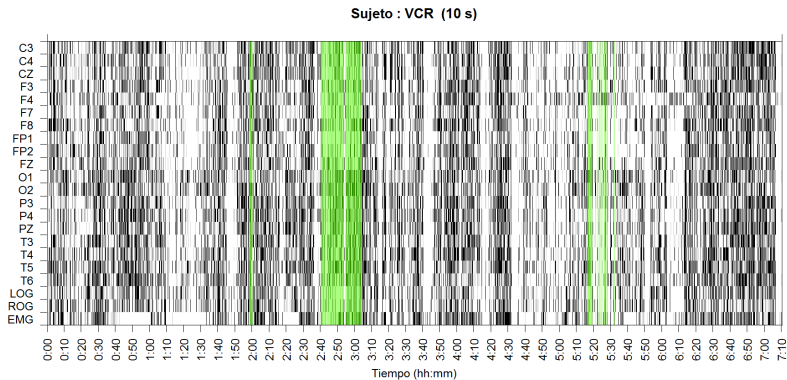
Sobre el tamaño de la época



Sobre el tamaño de la época

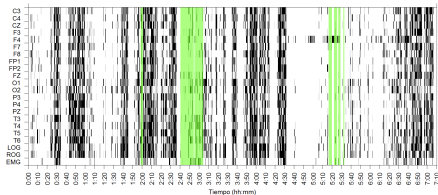


Sobre el tamaño de la época

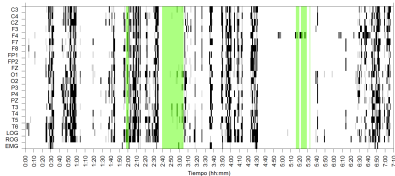


Sobre el tamaño de la época

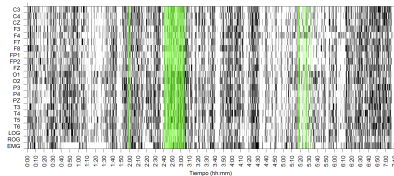
Sujeto : VCR (30 s)



Sujeto : VCR (60 s)



Sujeto : VCR (10 s)



Conclusiones

- Presencia proporcional de estacionariedad débil, significativamente diferente en MOR vs NMOR en grupo Control
- Análisis para un AM con parálisis facial, detectó este padecimiento
- Consistente con
- Patrones visuales, predicen parcialmente sueño MOR en el grupo Control
- Registros de PSG en AM, localmente estacionarias

Trabajo a futuro

- Diferencias MOR vs NMOR, patrones visuales: ~~marcadores de DC~~
- Marcador conocido del DC: 'enlentecimiento' de actividad cerebral
- Prueba de Priestley-Subba Rao: estimadores locales para SDF
 - Los mismos estimadores ¿pueden detectar enlentecimiento?
- Patrones visuales, auxiliares para detección de MOR en de PSG
 - Identificabilidad de MOR a través de patrones ¿marcador clínico?

Gracias por su atención

El cerebro es, quizá, el único órgano capaz de estudiarse a sí mismo.

