



53

Congreso de la Sociedad Española
de Rehabilitación y Medicina Física

CADIZ 2015

10, 11, 12 y 13 de JUNIO



Valoración del equilibrio

*Distribución Del Contenido Energético Postural Y
Correlaciones Con Los Sistemas De Control Del Equilibrio*

*Dra. Mònica García Guerrero,
Ing. Federica Anasetti,
Dra. Laura Sucarrats Cribillés,
Dra. Anna Boada i Pladellorens, S
Sra. Maria Serres Marimon,
Dra. Roser Garreta Figuera*

Objetivo del estudio

Análisis en frecuencia de la señal posturográfica

- Establecer una **base de datos de normalidad de los parámetros espectrales** de la posturografía estática en población sana española utilizando el sistema SPS® (Synopsis Posturography System) y la Transformada Rápida de Fourier (FFT).

El análisis en frecuencia de la señal posturográfica permite valorar aspectos en el contenido energético del comportamiento oscilatorio característico de sujetos normales o en situaciones patológicas que afectan el control del equilibrio.



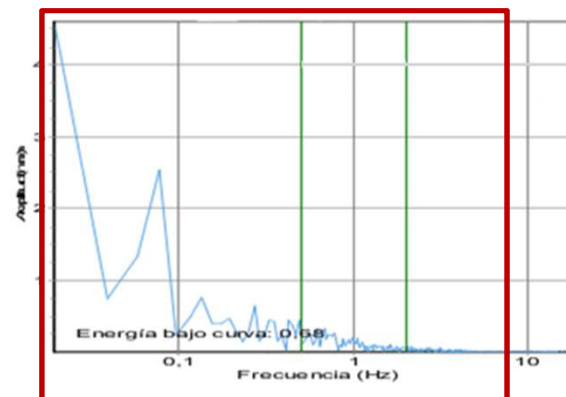
Introducción

El análisis en frecuencia de la señal posturográfica

La FFT (transformada rápida de Fourier) es una técnica no paramétrica que permite transformar una señal desde el dominio del tiempo en el dominio de la frecuencia (espectro de la señal) estimando la **densidad espectral de potencia** de la señal.

El análisis en frecuencia:

- permite conocer el **contenido en frecuencia** de una señal (densidad espectral de potencia).
- permite poder definir el **limite del contenido informativo** útil para poder elegir la frecuencia de muestreo que permita conservar toda la información de una señal (Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon).



Introducción

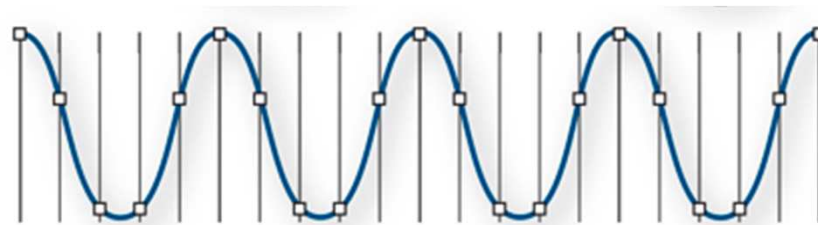
Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon

Según el **Teorema de Nyquist-Shannon**, la reconstrucción exacta de una señal a partir de sus muestras es matemáticamente posible si la señal está limitada en banda y la tasa de muestreo es superior al doble de su ancho de banda.

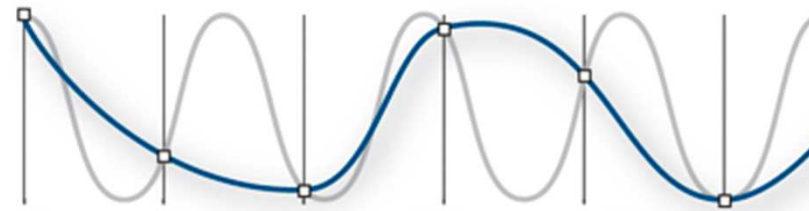
El contenido útil de una señal posturográfica está incluido en los **10 Hz** (observado con el análisis espectral).

La **frecuencia de muestreo mínima** para poder obtener una reconstrucción exacta de la señal es 20 Hz.

Frecuencia de muestreo correcta



Frecuencia de muestreo equivocada

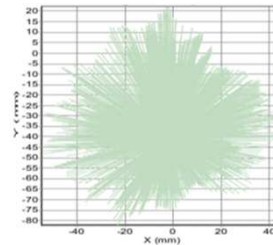


Materiales y métodos

Protocolo de valoración del equilibrio

Base de sustentación

la BS define los límites de estabilidad voluntaria del paciente en dirección AP y ML, dentro de los cuales el paciente es capaz de mantener el equilibrio sin caer. El paciente, encima de la plataforma estabilométrica, debe de realizar un movimiento circular de 360° con el cuerpo que abarque el área más grande posible sin que se desestabilice.



Equilibrio estático

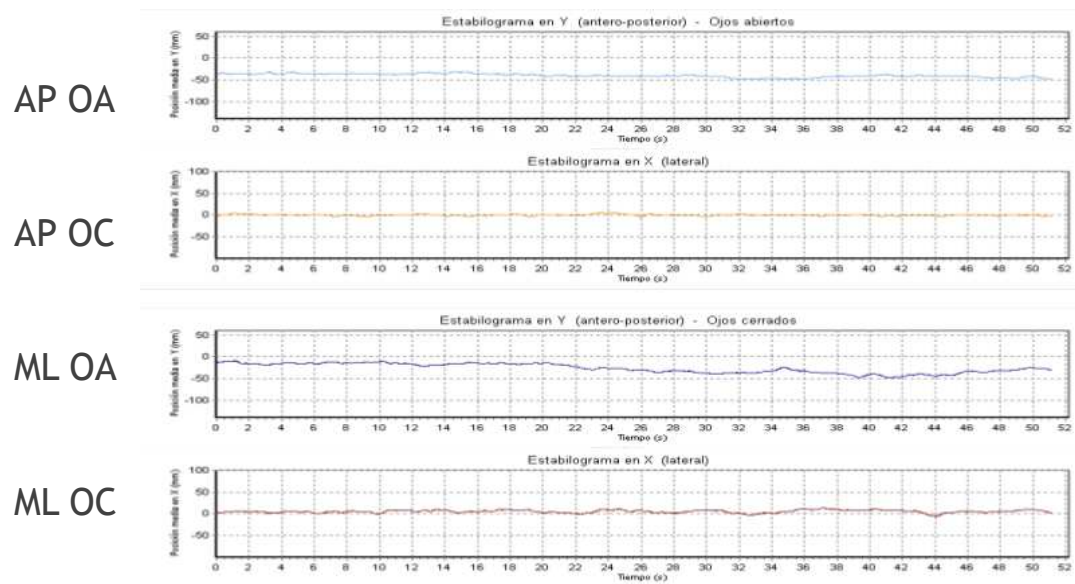
paciente en bipedestación con ambos brazos colocados de forma paralela al eje del tronco y mirando hacia la pantalla. Se valora en con ojos abiertos (OA - condición 1) y ojos cerrados (OC- condición 2). Duración 51.2 s.



Materiales y métodos

Parámetros calculados: estimación de la densidad espectral de potencia

Se calcula la densidad espectral con **Transformada rápida de Fourier** (FFT) de las oscilaciones espontáneas del CoP en AP y ML en condiciones OA y OC.



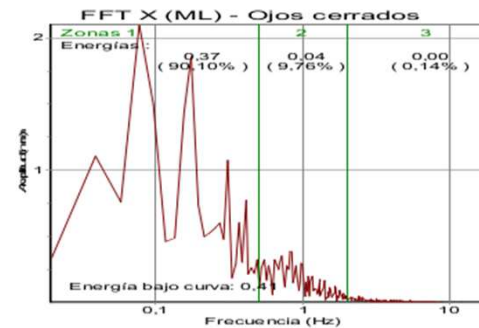
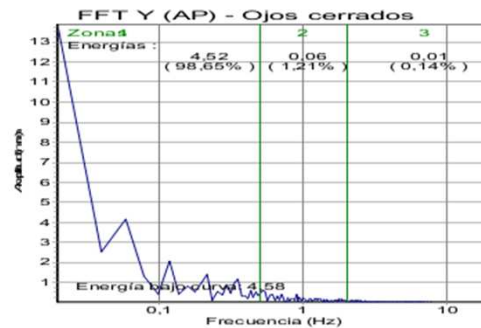
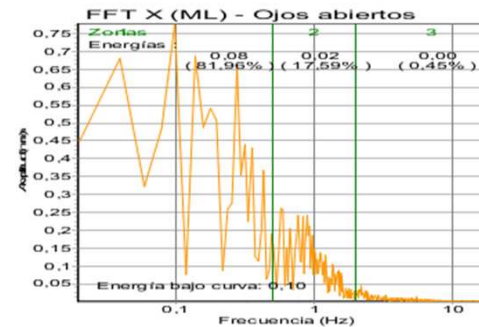
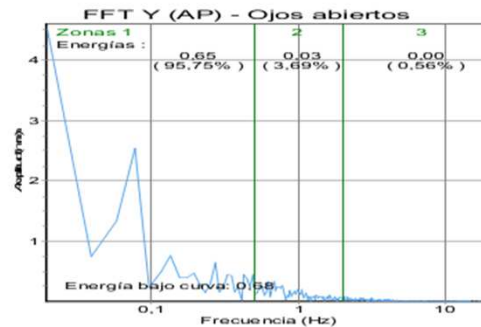
Materiales y métodos

Parámetros calculados: estimación de la densidad espectral de potencia

Se calcula la **Energía Espectral** como integral de la FFT.

La energía espectral de las oscilaciones está distribuida en tres zonas de frecuencias:

1. bajas (Zona 1: 0-0.5Hz) que representa el control vestibulo-visual;
2. medias (Zona 2: 0.5-2Hz), representa el tronco encefálico y cerebelo;
3. altas (Zona 3: 2-20Hz); representa la participación propioceptiva.



Resultados

Sujetos

Cada valor está representado por la mediana. Se considera el rango de normalidad incluido entre los límites inferiores (VAI) y superiores (VAS) definidos por las formulas:

$$\text{VAI} = Q1 - 1.5 \cdot \text{RIC}$$

$$\text{VAS} = Q3 + 1.5 \cdot \text{RIC}$$

Q1 = primer cuartil

Q3 = tercer cuartil

$$\text{RIC (rango intercuartilico)} = Q3 - Q1$$

Se divide la población en 4 grupos por cuartiles de peso

- Primer cuartil 57 Kg
- Segundo cuartil 67 Kg
- Tercer cuartil 77 Kg

N = 73	G1 ≤57 Kg	G2 57-67 Kg	G3 67-77 Kg	G4 >77 Kg
Edad (años)	29(20-54)	26(19-48)	29(19-47.8)	37(23-58)
Peso (Kg)	54(42.3-57)	62.5(58-67)	73(69-77)	88(78-125)
Altura (cm)	163(155-171)	168(160-176)	175(154-184)	177(159-190)
IMC (Kg/m ²)	19.7(16.4-22.3)	22.1(19.5-27.3)	24.5(21.8-28.7)	29.8(22.8-38.8)

Resultados

Energía espectral y distribución % de la energía

Grupo 1 <=57 Kg

	OA	OC
FFT Y	Normalidad	Normalidad
Bajo curva	0.11/0.46/1.18	0.25/0.67/2.0
Zona 1 %	85.9/93.5/96.5	73.9/89.6/97.2
Zona 2 %	3.1/5.9/11.4	2.4/9.9/24.5
Zona 3 %	0.2/0.7/2.6	0.1/0.8/1.7
FFT X	Normalidad	Normalidad
Bajo curva	0.05/0.37/1.26	0.19/0.53/1.69
Zona 1 %	64.3/81.4/96.3	63.7/81.8/93.9
Zona 2 %	3.3/14.9/33.6	5.8/17.3/34.5
Zona 3 %	0.1/0.7/2.5	0.2/0.9/2.3

Grupo 3 67-77 Kg

	OA	OC
FFT Y	Normalidad	Normalidad
Bajo curva	0.17/0.36/0.89	0.35/0.79/2.19
Zona 1 %	82.4/89.7/95.3	65.6/88.6/95.4
Zona 2 %	3.9/9.4/16.3	4.1/10.9/33.9
Zona 3 %	0.2/1.0/2.1	0.3/0.8/1.9
FFT X	Normalidad	Normalidad
Bajo curva	0.09/0.27/0.68	0.09/0.44/1.24
Zona 1 %	71.3/83.9/95.1	62.2/81.4/95.5
Zona 2 %	4.7/15.5/25.8	3.7/17.3/36.5
Zona 3 %	0.2/0.9/2.2	0.3/1.0/2.4

Grupo 2 57-67 Kg

	OA	OC
FFT Y	Normalidad	Normalidad
Bajo curva	0.21/0.38/1.00	0.36/0.91/2.65
Zona 1 %	86.7/92.8/97.3	78.0/93.6/98.1
Zona 2 %	2.0/6.2/12.8	1.3/5.9/20.5
Zona 3 %	0.1/0.8/2.0	0.2/0.5/1.4
FFT X	Normalidad	Normalidad
Bajo curva	0.19/0.44/0.93	0.16/0.56/1.11
Zona 1 %	64.0/85.7/98.0	61.9/85.1/96.6
Zona 2 %	1.7/13.6/34.8	3.1/14.2/37.0
Zona 3 %	0.2/0.6/2.0	0.1/0.7/2.0

Grupo 4 >77 Kg

	OA	OC
FFT Y	Normalidad	Normalidad
Bajo curva	0.29/0.67/2.76	0.47/1.22/2.96
Zona 1 %	79.9/93.8/98.0	77.2/87.8/95.8
Zona 2 %	1.9/5.5/19.0	3.9/11.7/21.5
Zona 3 %	0.1/0.6/1.8	0.2/0.5/1.7
FFT X	Normalidad	Normalidad
Bajo curva	0.14/0.5/0.79	0.3/0.58/2.82
Zona 1 %	65.4/81.7/96.1	68.2/85.4/96.9
Zona 2 %	3.3/17.8/33.9	3.0/14.0/31.2
Zona 3 %	0.1/0.5/1.6	0.1/0.7/1.4

Resultados

Holm-Sidak test para comparaciones multiples

Para valorar diferencias significativas ($p < 0.05$) de los parámetros entre grupos:

G4-G3 Energía espectral AP OA $p = 0.003$

G4-G1 Energía espectral AP OC $p = 0.004$

G2-G3 Energía Zona1 AP OC $p < 0.001$

G4-G2 Energía Zona1 AP OC $p = 0.007$

G2-G3 Energía Zona2 AP OC $p = 0.001$

G4-G2 Energía Zona2 AP OC $p = 0.008$



Conclusiones

La frecuencia de registro de la señal posturográfica mínima para no perder informaciones útiles es 20 Hz.

Los sujetos normales tienen la energía espectral de la señal posturografía sobretodo en AP prevalentemente distribuida en bajas frecuencias (Zona 1: 0-0.5Hz) que representa el control vestibulo-visual.

	G1 <=57 Kg	G2 57-67 Kg	G3 67-77 Kg	G4 >77 Kg
Zona 1 AP OA	93.5	92.8	89.7	93.8
Zona 1 AP OC	89.6	93.6	88.6	87.8
Zona 1 ML OA	81.4	85.7	83.9	81.7
Zona 1 ML OC	81.8	85.1	81.4	85.4

En general, la energía espectral de la componente AP de la señal posturografica es más alta de la energía de la componente ML.

Con OC

- aumenta la energía espectral
- aumenta la diferencia de la energía espectral entre la componente AP y ML (aumenta en AP)
- disminuye la energía en bajas frecuencias (Zona 1)

Bibliografía

1. User Manual 2.7 Static & Dynamic Posturography.
2. Association Francaise de Posturologie NORMES 85. Etudes statistiques des mesures faites sur l'home normal à l'aide de la plate-forme de stabilométrie clinique normalisée. Par Pierre-Marie Gagey, René Gentaz, Jean-Louis Guillamon, Guy Bizzo, Claudine Bodot-Brégerd, Calire Debruille et Josine Baudry. Paris 1988.
- 3.(3) Krempl and Dobie. (1998) "Evaluation of posturography in the detection of malingering subjects." American Journal of Otology 19: 619-627.
- 4.(4) Goebel, et al. (1997) "Posturographic evidence of non-organic sway patterns in normal subjects, patients, and suspected malingerers." Otolaryn Head-Neck Surg 117 (4): 293-302.
- 5.(5) Cevette, et al. (1995) "Aphysiologic performance on dynamic posturography." Head and Neck Surgery 112: 676-688.
- 6.(6) Mallinson AI and Longridge NS (2005). "A new set of criteria for evaluating malingering in work-related vestibular injury." Otol Neurotol 26: 686-690.
- 7.(7) Gianoli, et al. (2000) "Posturographic performance in pacientes con the potential for secondary gain." Otolaryngology - Head and Neck Surgery 122 (1): 11-18.

Gracias por su atención

