


CASEIB
2022

XL Congreso
Anual de la
Sociedad
Española de
Ingeniería
Biomédica

40 AÑOS UNIENDO FUERZAS
PARA IMPULSAR LA
INGENIERÍA BIOMÉDICA

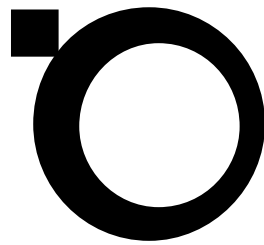
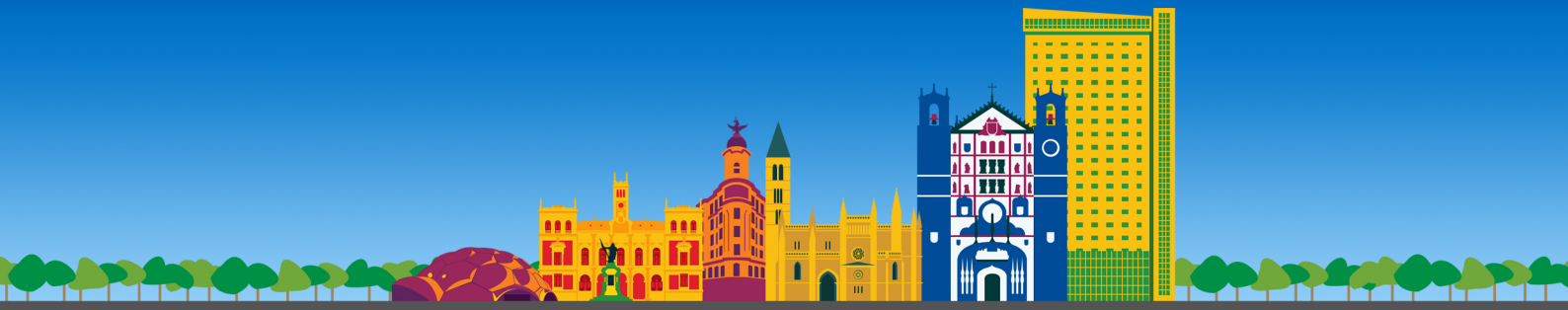
23-25 NOVIEMBRE 2022 | VALLADOLID

LIBRO DE ACTAS



GRUPO DE
INGENIERÍA
BIOMÉDICA
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID





**CASEIB
2022**

**XL Congreso Anual
de la Sociedad
Española de
Ingeniería
Biomédica**

23-25 NOVIEMBRE 2022 | VALLADOLID

XL Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica CASEIB 2022

Los trabajos incluidos en esta publicación han sido evaluados por el Comité Científico que en ella se relaciona y según el procedimiento que se recoge en www.caseib.es/2022/

Presidente del Comité Organizador:

Roberto Hornero Sánchez

Secretarios del Comité Organizador:

Jesús Poza Crespo

Carlos Gómez Peña

Editores:

Roberto Hornero Sánchez

Jesús Poza Crespo

Carlos Gómez Peña

María García Gadañón

Maquetación:

Aarón Maturana Candelas

Carlos Gómez Peña

Diseño de portada:

Sandra Martínez Cagigal

Víctor Martínez Cagigal

ISBN: 978-84-09-45972-8



Libro de Actas del XL Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica

Se distribuye bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

Jueves, 24 de noviembre de 2022, a las 8:30

Sesión oral: Biomecánica

Moderadores: Abraham Otero Quintana y Pablo F. Viñas Nosedá

Design and development of a robotic hand for finger spelling	258
A virtual reality application for the assessment and training of neck sensorimotor control	262
Efecto del entrenamiento de la anastomosis microquirúrgica experimental en la calidad del procedimiento y la ergonomía del cirujano	266
Automatización del método RULA para análisis ergonómico con sensores inerciales vestibles	270
Biomechanical modelling of the behaviour of the human breast under the effect of gravity for tumor detection	274
Estudio preliminar de la variación del rango de movimiento y la actividad muscular en pacientes de avanzada edad usando el andador SWalker	278

Sesión oral: Señales Biomédicas II

Moderadores: Javier Gómez Pilar y Víctor Martínez Cagigal

Improving the quality of combined TMS-EEG neural recordings: artefact removal and time analysis	283
Análisis espectral de la actividad electroencefalográfica basal a nivel de fuente para la diferenciación de subtipos de migraña	287
Protocolo de registro de EEG para identificación de patrones cerebrales asociados a la anosmia por COVID-19.....	291
Sincronía, metaestabilidad y dimensión fractal del EEG durante diferentes estados conscientes	295
Cognitive stimulation leads to a long-term brain activation with a spectral shift to higher frequencies in Rett syndrome patients	299
Aplicación de <i>Deep Learning</i> para el procesado automático de componentes ICA de registros de magnetoencefalografía	303

Análisis espectral de la actividad electroencefalográfica basal a nivel de fuente para la diferenciación de subtipos de migraña

J. Gómez Pilar^{1,2}, V. Gutiérrez de Pablo^{1,2}, V. Rodríguez González^{1,2}, C. Gómez^{1,2}, Á.L. Guerrero Peral³, M. Alves-Ferreira^{4,5}, N. Pinto^{4,6}, R. Hornero Sánchez^{1,2}

¹ Grupo de Ingeniería Biomédica, Universidad de Valladolid, Valladolid, España

² Centro de Investigación Biomédica en Red en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN), España

³ Unidad de Cefaleas, Servicio de Neurología, Hospital Clínico Universitario de Valladolid, Valladolid, España

⁴ Instituto de Investigação e Inovação em Saúde (i3S), Universidade do Porto, 4200-135 Porto, Portugal

⁵ Instituto Ciências Biomédicas Abel Salazar (ICBAS), Universidade do Porto, 4050-313 Porto, Portugal

⁶ Centro de Matemática da Universidade do Porto (CMUP), 4169-007 Porto, Portugal

Resumen

Las Clasificación Internacional de Cefaleas clasifica la migraña como crónica (MC) o episódica (ME) en función del número de días de dolor de cabeza al mes (más o menos de 15 días, respectivamente). A pesar de la gran prevalencia de la migraña y que el tratamiento puede variar en función de la situación de MC o ME, no disponemos de biomarcadores que nos permitan diferenciar entre estos subtipos más allá del convenio establecido por la CIC. El objetivo de este estudio es analizar la actividad electroencefalográfica (EEG) basal para identificar características que aporten nueva evidencia sobre el distinto sustrato neural de estos subtipos de migraña. Dada la literatura previa que relaciona la migraña con una fuerte especificidad topológica, se consideró el análisis a nivel de fuente (actividad cortical origen de la actividad eléctrica) en lugar de a nivel de sensor (actividad eléctrica en el cuero cabelludo). Para ello, se registró el EEG en 30 pacientes con MC y 30 con ME en estado de reposo. Tras el preprocesado y la resolución del problema inverso (localización de fuentes cerebrales), se realizó un análisis espectral en cada una de las 68 regiones de interés (ROIs) obtenidas. Los resultados mostraron una potencia significativamente mayor en los pacientes con MC, principalmente en la banda beta. Además, las ROIs identificadas con mayores diferencias entre grupos correspondieron a regiones relacionadas con el procesamiento del dolor, el estrés y la ansiedad. Estos resultados proporcionan nuevas evidencias para la diferenciación objetiva de estos tipos de migraña.

1. Introducción

La migraña es una enfermedad con una alta prevalencia que afecta a alrededor del 15% de la población mundial [1]. Además, es la principal causa de discapacidad en personas menores de 50 años [2]. Su impacto socioeconómico se hace patente al comprobar que es el trastorno neurológico que genera la mayor cantidad de años vividos con discapacidad [3]. Todo ello implica un elevado sufrimiento y pérdida de oportunidades para los pacientes y sus familias. Por ello, un diagnóstico eficaz basado no solo en la sintomatología referida por los pacientes, sino también en sustratos neurológicos objetivos y reproducibles, ayudaría a proporcionar un tratamiento adecuado y personalizado a cada paciente.

La migraña se cataloga de acuerdo con la Clasificación Internacional de Cefaleas (CIC) como migraña crónica (MC) y migraña episódica (ME) [4]. Esta división se basa

únicamente en la frecuencia de aparición de la cefalea, definiendo la MC como una “cefalea que se presenta 15 o más días al mes durante más de tres meses y que, al menos ocho días al mes, tiene las características migrañosas” [4]. Por su parte, la ME se diagnostica cuando la frecuencia de la cefalea es menor a 15 días/mes. Puesto que no existen biomarcadores de ambos tipos de migraña, la comunidad científica se ha llegado a plantear si el constructo clínico propuesto por la CIC es procedente. A pesar de ello, como se refleja en las guías de práctica clínica [5], el tratamiento puede diferir entre los dos subtipos de migraña, lo que pone de manifiesto la necesidad de un diagnóstico personalizado basado en sustratos neurológicos objetivos.

Partiendo de la hipótesis razonable de que la MC y la ME deberían ser diferentes a nivel bioeléctrico, bioquímico y/o anatómico, un gran número de grupos de investigación han buscado en los últimos años biomarcadores específicos de estas entidades, como los niveles sanguíneos del péptido relacionado con el gen de la calcitonina (CGRP) [6], el depósito de hierro en la materia gris periacueductal en la resonancia magnética (RM) de difusión [7], o diferencias en la conectividad en la resonancia magnética de difusión (dMRI) [8]. Dado que el uso excesivo de medicación sintomática es uno de los factores de riesgo para la cronificación de la migraña [9], y que el uso de medicamentos es una causa bien conocida de cambios en los patrones de ondas eléctricas cerebrales [10], cabe preguntarse si la MC y la ME también podrían distinguirse a nivel funcional eléctrico, es decir, a través del análisis de la electroencefalografía (EEG).

Prácticamente no existen trabajos previos que analicen de manera directa o indirecta las diferencias electroencefalográficas o magnetoencefalográficas entre MC y ME. Sin embargo, estos estudios coinciden en que las diferencias aparecen en bandas frecuenciales rápidas, principalmente en la banda beta [11] [12], [13]. Así, un análisis espectral exhaustivo podría reforzar o contradecir las evidencias preliminares encontradas.

A diferencia de otras enfermedades neurológicas o psiquiátricas con alteraciones deslocalizadas, la migraña y en particular la diferenciación entre los subgrupos MC y ME parece residir en regiones cerebrales específicas [11]. Se ha especulado que estas diferencias podrían deberse al

proceso de cronificación del dolor [14], frecuentemente relacionado con el uso excesivo de medicamentos sintomáticos [9]. Por este motivo, la topología cerebral debe tenerse en cuenta en el estudio de la migraña.

Con estos precedentes, nuestra hipótesis de partida es que el contenido espectral del EEG en regiones específicas relacionadas con el procesamiento del dolor mostraría diferencias significativas entre la MC y la ME. Por tanto, el objetivo de este estudio es analizar la actividad EEG en el dominio frecuencial a nivel de fuente para identificar características objetivas que aporten nueva evidencia sobre el distinto sustrato neural de la MC y la ME.

2. Materiales y métodos

2.1. Participantes

En total, 60 pacientes fueron reclutados para este estudio. Los pacientes fueron reclutados en su primera visita ambulatoria (libres de tratamiento preventivo) en la Unidad de Cefalea del Hospital Clínico Universitario de Valladolid (España) y en el Instituto de *Investigação e Inovação em Saúde da Universidade do Porto* (Portugal). Dada la prevalencia desbalanceada de la migraña (aproximadamente, el 75% de los pacientes con migraña son mujeres [1]), la relación de factores hormonales en la cefalea y con el fin de evitar posibles sesgos debidos al sexo de los participantes, todos los pacientes fueron mujeres entre 18 y 40 años. Todas fueron diagnosticadas de acuerdo con los criterios de la CIC [4]. Se excluyeron del estudio las pacientes con otras enfermedades neurológicas o psiquiátricas, abuso de drogas o antecedentes de traumas que puedan afectar al EEG. A fin de evitar pacientes en situaciones limítrofes entre ambos tipos de migraña, las pacientes incluidas con ME presentaban menos de 10 días de cefalea al mes.

Tras el cribado, se reclutaron 30 pacientes con MC con edad mediana de 33.50 años y rango intercuartil (27.25, 38.75), así como 30 pacientes con ME con edad mediana 31.50 años y rango intercuartil (29.25, 35.75). La edad no mostró diferencias significativas entre ambos grupos. Estos pacientes fueron considerados por primera vez en el presente estudio, no solapándose total ni parcialmente con nuestro estudio previo [12].

2.2. Adquisición del EEG y preprocesado

Los registros de EEG se adquirieron usando un sistema de 32 canales (BrainVision), con electrodos activos colocados en un gorro elástico de acuerdo con el sistema internacional 10-10 y utilizando el electrodo Cz como referencia. La impedancia se mantuvo por debajo de 5k Ω durante el registro. Se registraron 10 minutos de actividad EEG basal mientras las participantes estaban sentadas con los ojos cerrados. Las señales se obtuvieron con una frecuencia de muestreo de 500 Hz.

Para la eliminación de ruido y artefactos que no correspondían con actividad neural, se llevó a cabo un preprocesado que constó de los siguientes pasos [12]. Primero, las señales se referenciaron a la actividad promedio de todos los sensores. Después, se restó la media de la señal con el fin de eliminar la componente continua.

A continuación, los datos se filtraron entre 0.4 y 98 Hz con un filtro de fase cero y de respuesta finita al impulso (FIR) de orden 2000 y ventana de Hamming. La frecuencia de la red eléctrica también fue eliminada mediante un filtro de ranura a 50 Hz (FIR, orden 2000, ventana Hamming). Las componentes relacionadas con el movimiento ocular, parpadeos y artefactos musculares fue eliminado tras un análisis de componentes independientes (ICA). Finalmente, la señal se segmentó en épocas de 5 segundos y se rechazaron aquellas que, tras su inspección visual, presentarían algún artefacto.

2.3. Localización de fuentes

Las señales a nivel de fuente se obtuvieron mediante el *toolbox Brainstorm*, documentado y extensamente validado [15]. Para ello, se estimó un modelo con 15000 fuentes mediante *Boundary Elements Method* (BEM) utilizando la plantilla ICBM152 (Montreal Neurological Institute) y el software OpenMEEG [16]. Las fuentes se restringieron a la corteza cerebral con una orientación normal a la misma [17]. Las 15000 fuentes se proyectaron en las 68 ROIs definidas por el atlas de Desikan-Killiany. Las posibles soluciones al problema inverso se restringieron mediante el método de norma mínima ponderada (wMNE), que minimiza la energía ponderando las fuentes profundas para facilitar su identificación [18].

2.4. Análisis espectral

En primer lugar, se calculó la densidad espectral de potencia (PSD) para cada época de 5 segundos como la transformada de Fourier de la función de autocorrelación. Así, cada período 2500 muestras de longitud se tradujo en una función de autocorrelación de 4999 muestras. Esto proporcionó una resolución espectral de 0.1 Hz.

El contenido espectral se caracterizó mediante la potencia relativa (RP). La RP es una característica espectral clásica que representa el área bajo la curva de la PSD normalizada (ponderada para que la suma de sus coeficientes sea 1) en un rango específico de frecuencias. En este estudio, la RP fue calculada en cada una de las bandas convencionales del EEG: delta (δ , 1-4 Hz), zeta (θ , 4-8 Hz), alfa (α , 8-13 Hz), beta-1 (β_1 , 13-19 Hz), beta-2 (β_2 , 19-30 Hz) y gamma (γ , 30-70 Hz). Este análisis se realizó de manera independientemente en cada una de las 68 ROIs obtenidas.

2.5. Análisis estadístico

Tras evaluar la normalidad (test de Shapiro–Wilk) y homocedasticidad (test de Levene) de los datos y comprobar que no se cumplían las hipótesis paramétricas, se optó por usar una prueba no paramétrica (test U de Mann-Whitney) para evaluar las diferencias entre grupos.

3. Resultados y discusión

En primer lugar, se optó por realizar un análisis global, es decir, evaluar el gran promedio de las 68 ROIs. La representación de la PSD de ambos grupos, así como la distribución de los valores de RP en cada banda, se muestran en la Figura 1. Salvo en la banda α , los valores de RP muestran una típica disminución a medida que aumenta la frecuencia. Esto está en línea con el extendido supuesto de que el EEG tiene una distribución de potencia

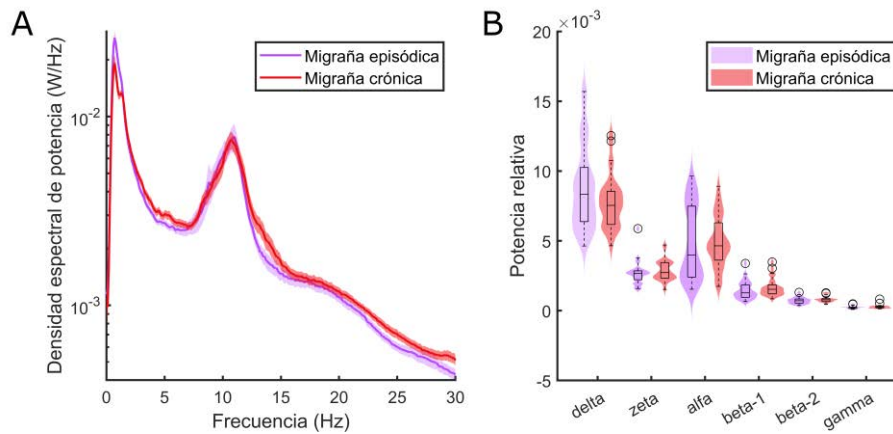


Figura 1. Análisis espectral global (gran promedio de las 68 ROIs). (A) Densidad espectral de potencia para los grupos de ME y MC. La transparencia denota el intervalo de confianza al 95%. (B) Potencia relativa en cada banda del EEG. Los resultados no muestran diferencias significativas en ninguna banda.

similar al ruido rosa [19]. La banda α es la excepción, mostrando un claro pico de potencia debido a que los registros se hicieron con los ojos cerrados [20]. En este análisis global, la RP no mostró diferencias significativas entre grupos en ninguna de las bandas del EEG.

A continuación, se procedió a un análisis local, evaluando cada una de las 68 ROIs por separado. En este caso, los resultados mostraron diferencias significativas en varias regiones de interés. El número de regiones con diferencias significativas entre grupos, así como su localización aproximada se muestran en la Tabla 1. En el caso de la banda β_1 , por ser la banda con mayor número de ROIs con diferencias significativas (15 ROIs), se muestra su distribución espacial en la Figura 2. Cada centroide de las ROIs se representó con un nodo. Mientras que el color de cada nodo muestra el valor específico de RP, el tamaño de dicho nodo representa el grado de significancia en la comparativa entre ME y MC (a mayor significancia estadística, mayor tamaño de nodo). Solo se representaron aquellas ROIs con diferencias significativas entre grupos.

Para las bandas de frecuencia analizadas, se aprecia un solapamiento en las regiones con diferencias significativas entre grupos. Así, 7 de las 9 regiones que mostraron diferencias significativas en β_2 también lo hicieron en β_1 . Esto indica la alta especificidad que existe en los circuitos neurales involucrados en las diferencias entre grupos. Independientemente de la banda de frecuencia, las regiones con mayores diferencias significativas ($p < 0.01$) son la ínsula, dos regiones del córtex cingulado anterior (ACC) y dos regiones cercanas al ACC (la región frontal media rostral, RMF). Mientras que la ínsula y el ACC son regiones asociadas con el procesamiento del dolor [21], el córtex RMF forma parte de la corteza prefrontal, involucrada en el estrés y la ansiedad [22].

Curiosamente, la banda beta (que fue la que mostró mayor número de regiones cerebrales con diferencias significativas) ha sido asociada tanto con el dolor [23], como con el estrés y la ansiedad [24]. Que los circuitos de dolor, ansiedad y estrés emerjan en la comparativa MC y ME no parece casual. Aunque de manera especulativa, se podría razonar que un mayor número de días de cefalea (como ocurre en MC) implica mayor estrés y ansiedad por

Banda	# ROIs	Topología
δ	4	Regiones frontales interhemisféricas
θ	9	Regiones frontales y temporales izquierdas
α	0	-
β_1	15	Regiones frontales, centrales y temporales interhemisféricas
β_2	9	Regiones frontales y temporales izquierdas
γ	1	Región occipital derecha

Tabla 1. Distribución por bandas de frecuencia y localización espacial de las ROIs que mostraron diferencias significativas entre grupos.

parte del paciente. Esto produciría un aumento de la actividad, particularmente en la banda β . Los resultados mostraron precisamente estos resultados, es decir, una mayor RP, principalmente en banda β , en circuitos relacionados con el dolor, estrés y ansiedad.

En conjunto, los resultados sugieren que: (i) existen evidencias preliminares que confirman la diferencia entre los subtipos migrañosos de MC y ME; y (ii) estas diferencias parecen tener una alta especificidad, mostrando localización tanto frecuencial (banda β) como espacial (circuitos relacionados con el dolor, el estrés y la ansiedad).

Entre las limitaciones del estudio se debe destacar, en primer lugar, que el tamaño muestral, aunque similar a estudios previos, es reducido. Esto ofrece una potencia estadística moderada y, por tanto, un tamaño del efecto medio. Importantes regiones cerebrales involucradas en las diferencias entre MC y ME podrían pasar desapercibidas por este hecho. Además, todos los pacientes fueron mujeres, por lo que se debe ser extremadamente cauto al extrapolar los resultados encontrados aquí a la población masculina. Finalmente, la población solo comprendía pacientes con menos de 10 días de cefalea al mes. La inclusión de pacientes con ME de alta frecuencia (entre 10 y 15 días de cefalea al mes) permitiría observar una evolución progresiva y no una puramente dicotómica de la enfermedad.

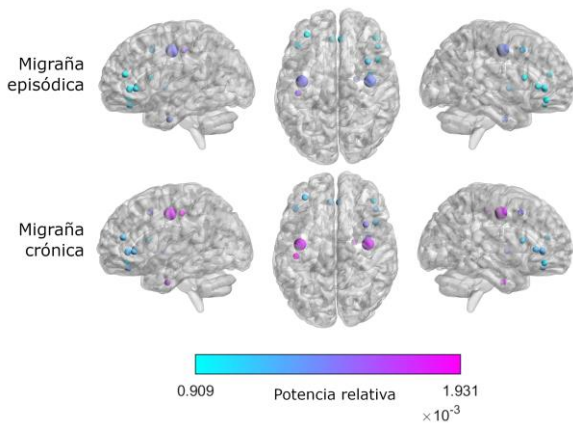


Figura 2. Distribución espacial de las ROIs que mostraron diferencias significativas en la banda β . El color indica la potencia relativa, mientras que el tamaño del nodo es proporcional al nivel de significancia estadística.

4. Conclusiones

El análisis espectral de la actividad EEG a nivel de fuente identificó diferencias significativas entre MC y ME. Estas diferencias tienen un alto grado de especificidad, concentrándose en la banda β del EEG, así como en regiones cerebrales relacionadas con el procesamiento del dolor, el estrés y la ansiedad. Estos resultados proporcionan nueva evidencia para la diferenciación objetiva de estos tipos de migraña.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por la Comisión Europea y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) en el marco del proyecto “Análisis y correlación entre la epigenética y la actividad cerebral para evaluar el riesgo de migraña crónica y episódica en mujeres” (Programa de Cooperación Interreg V-A España-Portugal, POCTEP 2014–2020), por el Ministerio de Ciencia e Innovación / Agencia Estatal de Investigación /10.13039/501100011033/ y FEDER 'A way of making Europe' bajo los proyectos PDC2021-120775-I00, PID2020-115468RB-I00 y PGC2018-098214-A-I00, por 'CIBER en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN)' a través del 'Instituto de Salud Carlos III' y por fondos portugueses a través de FCT—Fundação para a Ciência e a Tecnologia/Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior en el marco del proyecto POCI-01-0145-FEDER-029486 (PTDC/MEC-NEU/29486/2017).

Referencias

[1] L. J. Stovner, K. Hagen, M. Linde, and T. J. Steiner, “The global prevalence of headache: an update, with analysis of the influences of methodological factors on prevalence estimates,” *The Journal of Headache and Pain*, vol. 23, no. 1, p. 34, Dec. 2022.

[2] M. Ashina et al., “Migraine: epidemiology and systems of care,” *The Lancet*, vol. 397, no. 10283, pp. 1485–1495, Apr. 2021.

[3] T. Vos et al., “Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010,” *The Lancet*, vol. 380, no. 9859, pp. 2163–2196, Dec. 2012.

[4] “Headache Classification Committee of the International Headache Society (IHS) The International Classification of Headache Disorders, 3rd edition,” *Cephalalgia*, vol. 38, no. 1, pp. 1–211, Jan. 2018.

[5] S. Santos Lasaosa and P. Pozo Rosich, “Manual de Práctica Clínica en Cefaleas. Recomendaciones diagnósticoterapéuticas de la Sociedad Española de Neurología en 2020,” Madrid, 2020.

[6] C. Ramón, E. Cernuda-Morollón, and J. Pascual, “Calcitonin gene-related peptide in peripheral blood as a biomarker for migraine,” *Current Opinion in Neurology*, vol. 30, no. 3, pp. 281–286, Jun. 2017.

[7] K. Ito et al., “Detection of changes in the periaqueductal gray matter of patients with episodic migraine using quantitative diffusion kurtosis imaging: preliminary findings,” *Neuroradiology*, vol. 58, no. 2, pp. 115–120, Feb. 2016.

[8] Á. Planchuelo-Gómez, D. García-Azorín, Á. L. Guerrero, S. Aja-Fernández, M. Rodríguez, and R. de Luis-García, “Structural connectivity alterations in chronic and episodic migraine: A diffusion magnetic resonance imaging connectomics study,” *Cephalalgia*, vol. 40, no. 4, pp. 367–383, Apr. 2020.

[9] S. Cevali et al., “Family History for Chronic Headache and Drug Overuse as a Risk Factor for Headache Chronification,” *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, vol. 49, no. 3, pp. 412–418, Mar. 2009.

[10] W. T. Blume, “Drug Effects on EEG,” *Journal of Clinical Neurophysiology*, vol. 23, no. 4, pp. 306–311, Aug. 2006.

[11] J. Gomez-Pilar, V. Martínez-Cagigal, D. García-Azorín, C. Gomez, Á. L. Guerrero, and R. Hornero, “Headache-related circuits and high frequencies evaluated by EEG, MRI, PET as potential biomarkers to differentiate chronic and episodic migraine: Evidence from a systematic review,” *The Journal of Headache and Pain* (*in press*).

[12] J. Gomez-Pilar, D. García-Azorín, C. Gomez-Lopez-de-San-Roman, Á. L. Guerrero, and R. Hornero, “Exploring EEG Spectral Patterns in Episodic and Chronic Migraine During the Interictal State: Determining Frequencies of Interest in the Resting State,” *Pain Medicine*, vol. 21, no. 12, pp. 3530–3538, Dec. 2020.

[13] F. J. Hsiao et al., “Migraine chronification is associated with beta-band connectivity within the pain-related cortical regions: a magnetoencephalographic study,” *Pain*, vol. 162, no. 10, pp. 2590–2598, Oct. 2021.

[14] L. H. Schulte, A. Allers, and A. May, “Hypothalamus as a mediator of chronic migraine,” *Neurology*, vol. 88, no. 21, pp. 2011–2016, May 2017.

[15] F. Tadel, S. Baillet, J. C. Mosher, D. Pantazis, and R. M. Leahy, “Brainstorm: A User-Friendly Application for MEG/EEG Analysis,” *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2011, pp. 1–13, 2011.

[16] V. Rodríguez-González et al., “Consistency of local activation parameters at sensor- and source-level in neural signals,” *Journal of Neural Engineering*, vol. 17, no. 5, p. 056020, Oct. 2020.

[17] L. Douw, D. Nieboer, C. J. Stam, P. Tewarie, and A. Hillebrand, “Consistency of magnetoencephalographic functional connectivity and network reconstruction using a template versus native MRI for co-registration,” *Human Brain Mapping*, vol. 39, no. 1, pp. 104–119, Jan. 2018.

[18] F.-H. Lin, T. Witzel, M. S. Hämäläinen, A. M. Dale, J. W. Belliveau, and S. M. Stufflebeam, “Spectral spatiotemporal imaging of cortical oscillations and interactions in the human brain,” *Neuroimage*, vol. 23, no. 2, pp. 582–595, Oct. 2004.

[19] S. Wainio-Theberge, A. Wolff, J. Gomez-Pilar, J. Zhang, and G. Northoff, “Variability and task-responsiveness of electrophysiological dynamics: Scale-free stability and oscillatory flexibility,” *Neuroimage*, vol. 256, p. 119245, Aug. 2022.

[20] M. X. Cohen, *Analyzing neural time series data: Theory and practice*. 2014.

[21] H. Nakata, K. Sakamoto, and R. Kakigi, “Meditation reduces pain-related neural activity in the anterior cingulate cortex, insula, secondary somatosensory cortex, and thalamus,” *Frontiers in Psychology*, vol. 5, Dec. 2014.

[22] D. S. Jacobs and B. Moghaddam, “Medial prefrontal cortex encoding of stress and anxiety,” 2021, pp. 29–55.

[23] J. Bismuth, F. Vialatte, and J.-P. Lefaucheur, “Relieving peripheral neuropathic pain by increasing the power-ratio of low- β over high- β activities in the central cortical region with EEG-based neurofeedback: Study protocol for a controlled pilot trial (SMRPain study),” *Neurophysiologie Clinique*, vol. 50, no. 1, pp. 5–20, Feb. 2020.

[24] H. Díaz M., F. M. Cid, J. Otárola, R. Rojas, O. Alarcón, and L. Cañete, “EEG Beta band frequency domain evaluation for assessing stress and anxiety in resting, eyes closed, basal conditions,” *Procedia Computer Science*, vol. 162, pp. 974–981, 2019.

ÍNDICE DE AUTORES

Abad-González, A.	423	Bailón, R.	448
Abella, M.	10, 213	Balastegui García, G.	72
Abellán Rubio, E.	266	Barquero-Pérez, O.	245
Abete, I.	52	Barrenechea Carrasco, M.	345
Acha, B.	18, 415	Barros-Tornay, R.	415
Aginagalde Lopez, A.	217	Barroso García, V.	39
Aguilar-Aguilar, E.	52	Bartrés-Faz, D.	521
Aguilar Paredes, F.	237	Belda Calabuig, A.	142
Aguilar Sabido, C.	486	Bernabéu-Wittel, J.	18
Albaladejo-Belmonte, M.	146, 398	Bernal Benítez, C.	506
Alberola-López, C.	85, 167	Berner-Juhos, K.	510
Alberola-Rubio, J.	146, 398	Berrocoso, E.	130
Albusac, J.	97	Berruezo, A.	461
Alcaraz Martínez, R.	365, 394	Blanco-Velasco, M.	419, 431
Alcon, C.	113	Bocos-Corredor, E.	262
Aldazabal, J.	249	Bonse, J.	217
Alfano, F.	274	Bragulat Arévalo, M.	369
Algaba-Vidoy, M.	101	Buendia Aviles, S.	357
Almendral, J.	477	Bueno, G.	2
Alonso, E.	452	Bueno Zamora, O.	274
Alonso, J. F.	283	Burgaleta Ledesma, A.	117
Alonso-Linaje, G.	180	Burgos Llamo, A.	121
Alonso, R.	22, 490	Buruaga Lamarain, L.	217
Álvarez, D.	39, 411, 427, 448	Cabal-Rodríguez, R.	77
Álvarez Rodríguez, M.	184, 233	Cabezaolías, C.	258
Alves-Ferreira, M.	287, 402	Cabrera-Umpiérrez, M. F.	56, 117
Amaro, S.	525	Cadena Bonfanti, A.	89
André, J. M.	192	Calvillo Arbizu, J.	93
Antón-Rodríguez, M.	270	Calvo, A.	510
Aramendi, E.	155, 175, 444, 452	Calvo Manuel, F.	171
Araujo Rodríguez, H.	525	Cámara-Vázquez, M. A.	245
Arbelo Lainez, E.	369	Campos Añón, F.	381
Arce-Diego, J. L.	469, 494	Cànaves Llabrés, A. I.	201
Arco, A.	510	Candel Cano, P.	473
Arco, H.	510	Candel, M. J.	81
Arias Palomares, M. A.	365	Candela Muries, T.	291
Armañac-Julián, P.	448	Cano del Pozo, M.	109
Armijo Suárez, O.	486	Cano Mayo, P.	105
Arnal, M. L.	81	Cappella, B.	217
Arredondo Waldmeyer, M. T.	117	Carneiro, P.	353
Ayala Fernández, U.	345	Carretero-Calvo, P.	109
Aznar, S. D.	81	Casado, E.	68
Azorín, J. M.	188, 291, 308, 320	Castellanos, E.	477
Bachiller, A.	283, 299	Castells, F.	31, 134, 138, 150
		Castillo-Passi, C.	85, 167
		Castillo Rabazo, J.	266

Castro de la Nuez, P.	93	Ferreira-Santos, D.	163
Castro Fernández, M.	529	Ferrer-Montiel, A.	361
Cattaneo, G.	521	Ferreres García, K.	274
Cenarro, R.	22	Ferrero, J. M.	361, 386
Cenis, J. L.	81	Ferrero, L.	308
Ceruelo Abajo, S.	97, 233	Ferrero, V.	320
Chausa, P.	52, 521	Fico, G.	117
Chmarra, M. K.	517	Fraile Marinero, J. C.	180
Chorro, J.	150	Franco Terriza, L.	60
Chushig-Muzo, D.	423	Fuster Palà, A.	221
Cisnal, A.	180	Gabilondo Cuellar, I.	345
Climent, A. M.	245	Galarregui, C.	52
Costa, V.	258, 278, 349	Gallardo, C.	406
Crespo Aguirre, M.	138	Ganoza-Quintana, J. L.	494
Cunill Rodríguez, M.	357	García-Barrio, N.	121
Dankelman, J.	517	García-Blas, J.	10
de Benavides, J.	490	García-Carmona, R.	262
de Ciurana Gay, J.	201	García-Casado, F. J.	142, 146, 398
de los Reyes Guzmán, A.	97, 184, 233	García-Cazorla, A.	299
del-Ama, A. J.	328	García Fernandez, I.	159
del Campo, F.	39, 427	García-García, P.	465
del Cerro, C. F.	10, 213	García-Lizarribar, A.	113
del Riego Gómez, S.	349	García, M.	14, 427
Delgado Atencio, J. A.	357	García-Molina, A.	52
Descó, M.	10, 213	García-Real, M. I.	10
Díaz-Pernas, F. J.	270	García-Rudolph, A.	52
Díaz Rivas, R.	506	García-Sáez, G.	341, 406
Eimil-Suarez, E.	77	García Teruel, M.	365
Elena, M.	60	García-Vicente, C.	423
Elola, A.	155, 444, 452	Garnés Camarena, O.	43
Elorza Fernández, D.	377	Garrido Rubiales, B.	68
Escribano Cano, P.	365	Gavidia Ceballos, L.	506
Espinosa-Salinas, I.	68	Gil-Agudo, A.	184, 233, 328
Esteban Gata, M. J.	60	Gil-Castillo, J.	328
Fabregat-Sanjuan, A.	241	Gil, E.	448
Falagán, S.	68	Gil Simoes, R.	105, 333
Fanjul-Vélez, F.	357, 469, 494	Gilete Preciado, V.	64
Ferencz, A.	510	Giraldo Giraldo, B. F.	456
Fernández-Arias, I.	85, 167	Gjerdje, J.-M.	517
Fernández-Linsenbarth, I.	283	Goicolea, J. M.	274
Fernández Moreno, G.	105	Gómez, A.	213
Fernández-Poyatos, M.	411	Gómez, C.	47, 109, 287, 303, 390, 402
Fernández-Rodríguez, A.	192	Gómez, E. J.	6, 22, 52, 68, 225, 353, 377, 465, 486, 490, 517, 521
Ferré López, D.	456	Gómez-García, J. A.	101
		Gómez-Grande, A.	6, 22, 490

Gómez, J. F.	477	Irrarrazaval, P.	85, 167
Gómez-Pilar, J.	163, 287, 402	Isasi, I.	452
Gomis Jimeno, F.	72	Isla-Calvo, A.	469
Gomis Roman, P.	369	Iza, A.	452
Gomis-Tena, J.	35	Jané, R.	237
González-Alonso, J.	270	Jara Muriel, M.	266
González, L.	2	Jarrín Vera, I.	121
González Morcillo, C.	97	Jaureguibeitia, X.	155, 175
González-Navarro, C. J.	52	Jiménez Carrizosa, M.	105, 333
González Nuño, F. M.	266, 514	Jiménez García, J.	427
González-Ortega, D.	270	Jordà Burgos, P.	369
Gorrin, N.	274	Juan, J. V.	188
Gozal, D.	39, 163, 411, 427, 448	Junquera Godoy, I.	35
Gracia Laso, D. I.	291	Jutinico Alarcón, A.	89
Guerrero, A. L.	287, 402	Kamarova, K.	390
Guerrero Pérez, M.	64	Kheirandish-Gozal, L.	39, 427
Guijarro, E.	146, 398	Kontaxakis, G.	337
Guill, A.	138, 150	Kontaxis, S.	448
Guillem, M. S.	245	Kotzki, S.	353
Gutiérrez, A.	406	Lafuente Alcázar, B.	253
Gutiérrez-de Pablo, L.	303	Laguna, P.	436, 448
Gutiérrez-de Pablo, V.	47, 287, 303, 402	Lamata, P.	274
Gutiérrez Delgado, M.	142	Langø, T.	517
Gutiérrez Fernández-Calvillo, M.	245	Lara-Doña, A.	130
Gutiérrez-Tobal, G. C.	39, 163, 411, 427, 448	Lázaro, J.	448
Gutiez-Bravo, B.	225	Lazo, M.	415
Guzmán-García, C.	465, 517	Ledesma Carbayo, M. J.	274
Hernández-Romero, I.	245	Leñero-Bardallo, J. A.	18
Hernando, M. E.	52, 68, 341, 406	León, J.	510
Herráez, D.	444	Liberos, A.	159
Herrera Tirado, V.	97	Lillo Crespo, M.	72
Herrera-Valenzuela, D.	328	Liu, V.	209
Herrero, M.	14	Lizarraga, S.	274
Hingorani-Jai Prakash, S.	361	Llull, L.	525
Holgado-Cuadrado, R.	419, 431	Lobato Gómez, C.	373, 481
Hornero, R.	14, 27, 39, 47, 125, 163, 180, 196, 287, 316, 324, 390, 402, 411, 427, 448	Loidi, A.	386
Hoshi, H.	390	López Gálvez, M. I.	14
Huerta Herraiz, A.	394	López López, S.	278
Iáñez, E.	188, 291, 308, 320	Lopez Martinez, M. J.	113
Ibáñez-Molina, A. J.	295	López-Sánchez, N.	361
Idris, A. H.	175	Lopour, B.	209
Iglesias-Parro, S.	295	Lora-Millán, J. S.	312
Imaz Higera, J.	142	Loria-Kohen, V.	52
Iniesta-Chamorro, J. M.	52, 68	Lovisoló, L.	431

Lozano Berrio, V.	184	Moreno-Rubio, J.	68
Lozano-García, M.	237	Moreno Vázquez, J. C.	481
Lozano, M.	159	Muñoz Carrero, A.	121
Malanda Trigueros, A.	43	Muñoz Pérez, M.	357
Mañanas, M. A.	283, 299	Mujica Delgado, L. E.	525
Marcos Jorquera, D.	205	Navallas Irujo, J.	43
Marcos-Martínez, D.	27, 125, 196, 316, 324	Navas-Carretero, S.	52
Marcos-Pasero, H.	52	Navas, P.	274
Martín-Fernández, A.	27, 125	Niñerola Baizán, A.	381
Martín Martínez, I.	312	Nohales-Alfonso, F. J.	146, 398
Martín-Montero, A.	448	Norvik, A.	444
Martín-Pintado-Zugasti, A.	262	Núñez, P.	109
Martínez-Alcalá García, A.	465	Oliveira-Barroso, F.	101
Martínez Bordes, G.	473	Oropesa, I.	353, 465, 517
Martínez-Cagigal, V.	27, 125, 180, 196, 316, 324	Ortega, J. F.	64, 510
Martínez-de-Juan, J. L.	35, 142	Ortiz-Álvarez, J.	18
Martínez Donázar, M.	249	Ortiz, M.	188, 291, 308, 320
Martínez, J. A.	52	Ortuño, J. E.	274, 337
Martínez, J. P.	436	Otero, A.	262
Martínez Rodrigo, A.	394	Otero Arteseros, M.	377
Martínez Ruiz, B.	381	Otčenášková, T.	510
Martínez-Zarzuela, M.	270	Pagador, J. B.	64, 510
Marugán Romero, L.	529	Pagan, A.	81
Más Sesé, G.	142	Palacio, L. C.	498
Maturana-Candelas, A.	47	Palmieri, F.	369
Mediero, E.	510	Pàmies-Vilà, R.	241
Medina López, R.	93	Pancorbo, L.	150
Medina-Rivera, I.	299	Pantoja-Gómez, Y.	77
Medrano Gil, A. M.	56	Paredes Puente, J.	249
Megía-García, A.	328	Pareja Galeano, H.	278
Meiriño Seoane, R. M.	171	Pascau, J.	171, 274
Mellado-Artigas, R.	525	Pascual-Carrasco, M.	121
Merino, B.	117	Pascual-Leone, A.	521
Mijancos-Martínez, G.	283	Pascual-Rubio, V.	241
Milara, E.	6, 22, 490	Patiño Mejido, M. J.	262
Millet, J.	31, 134, 138, 150	Patrocínio, D.	373
Mira-Tomás, J. M.	142, 146, 398	Peñate Arrieta, M.	333
Moggioli, F.	262	Pedregosa, E.	373
Molina, V.	283	Pedreira-Jiménez, M.	121
Moreno-Arribas, M. V.	68	Peinado, H.	377
Moreno Blanco, D.	377, 486	Penela, D.	461
Moreno-Calderón, S.	27, 180, 196, 316, 324	Perales Gómez, R.	97, 184
Moreno, J.	521	Perea, L.	278
Moreno, J. C.	101, 328, 502	Pereira-Rodrigues, P.	163
Moreno-Manzano, V.	361		

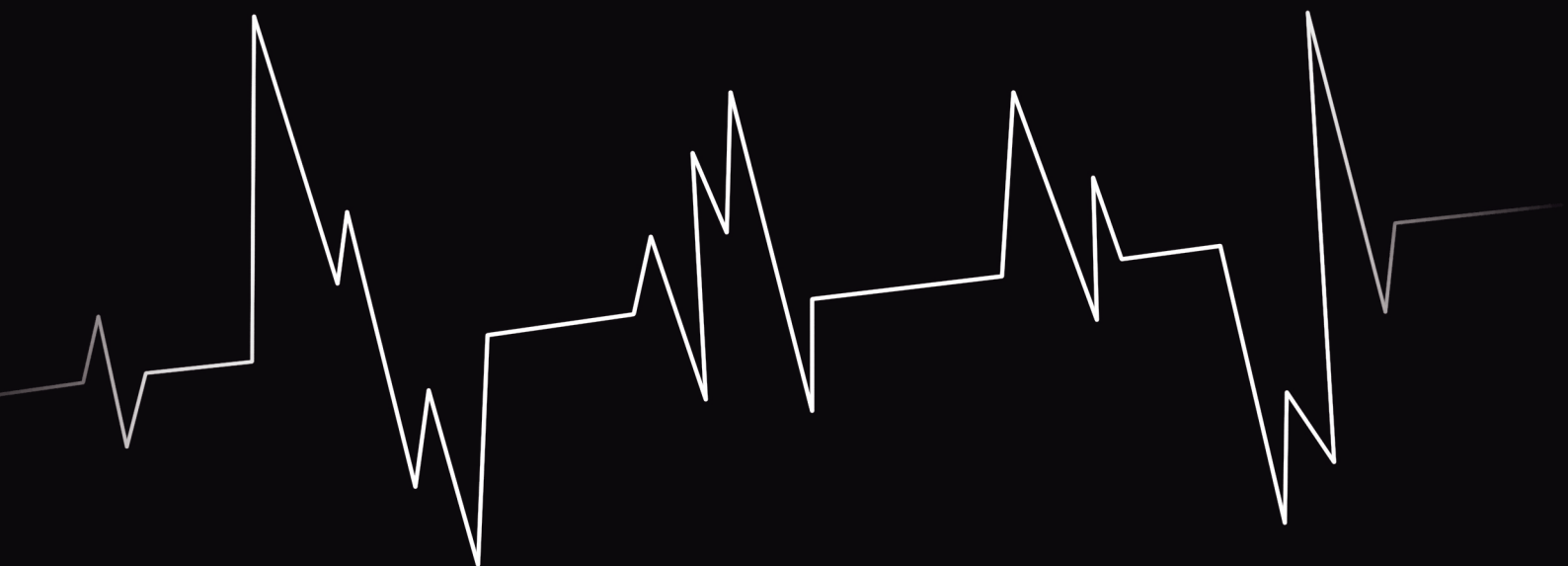
Pérez-Blanco, J. G.	77	Rollano Corroto, M.	229
Pérez, C.	436	Romero-Bascones, D.	345
Pérez-Carrasco, J. A.	18, 415	Romero García, A.	64
Pérez-Gandía, C.	406	Romero, L.	440
Pérez-Rigueiro, J.	81	Romero Mila, B.	209
Pérez Turiel, J.	180	Romero-Oraá, R.	14
Pérez Valdivia, M. A.	93	Romero, P.	159
Pérez-Velasco, S.	27, 125, 196, 303, 316, 324	Romero, S.	283, 299
Pina-de-Paz, J.	328	Romero Zayas, I.	381
Pino Ramirez, A.	506	Romitti, G. S.	159
Pinto, N.	287, 402	Ron-Angevin, R.	192
Pires Louça, L. C.	266	Rubio, F. J.	225, 377, 486
Plaza de Miguel, C.	481, 514	Rufo Rafael de la Cruz, N.	337
Plaza-Seco, C.	419, 431	Ruipérez-Campillo, S.	31, 134, 138, 150
Pose Díez de la Lastra, A.	171	Ruiz, C. R.	477
Poza, J.	47, 109, 303, 390, 402	Ruiz-Díez, S.	101
Prats-Boluda, G.	35, 142	Ruiz Fernández, D.	72
Puche-García, V.	361, 440	Ruiz-Fernández, M. J.	10
Pueyo, E.	436	Ruiz Ordoñez, M.	525
Puig Miquel, T.	201		
		Sahelices, B.	411
Quiles, V.	308, 320	Saiz, J.	35, 440, 498
Quintana, M.	225, 377, 486	Sala Llonch, R.	381
		Samitier, J.	113
Ramírez, A.	52, 68	Sanches, J.	353
Ramirez-Hernández, B.	77	Sánchez-de Madariaga, R.	121
Ramos Hortal, R.	105, 333	Sánchez del Valle, C.	184, 233
Raya, R.	258, 278, 349, 502	Sánchez-González, P.	6, 22, 225, 377, 465, 486, 490, 517, 521
Reglero, G.	52	Sánchez López, A.	171
Regueiro-Gómez, A.	77	Sánchez López de Pablo, C.	278, 349
Reina Tosina, J.	93	Sánchez-Margallo, F. M.	64, 266, 373, 481, 510, 514, 517
Revilla-Vallejo, M.	390	Sánchez-Margallo, J. A.	266, 373, 481, 514, 517
Rieta Ibáñez, J. J.	365, 394	Sánchez-Morillo, D.	130
Rigla, M.	406	Sánchez-Peralta, L. F.	64, 510
Rigo-Vidal, A.	241	Sanderson, D.	10
Roa Romero, L. M.	93	Santamaría-Bustamante, L.	469
Rocon, E.	312	Santamaría-Vázquez, E.	27, 196, 316, 324
Ródenas García, J.	365	Santos, A.	274
Rodrigo, M.	159	Santos-Ceballos, J. C.	77
Rodríguez-Cayetano, M.	85, 167	Santos-Paz, J. A.	262
Rodríguez Falces, J.	43	Santos Virosta, M.	381
Rodríguez-González, V.	109, 287, 303, 402	Sarandeses, P.	6
Rodríguez-Matesanz, M.	225	Schwibbert, K.	217
Rodríguez, R.	353	Sebastian, R.	159
Rojas García, A.	377		
Rojo Agustí, A.	349, 502		
Rojo-Álvarez, J. L.	419		

Segarra, I.	134, 138	Torres-Fortuny, A.	77
Seiffert, A. P.	6, 22, 490	Torres-Pardo, A.	101
Sereno Moyano, M.	68	Torres-Sánchez, S.	130
Serra, D.	159	Torricelli, D.	101
Serrano, A.	415	Tost, A.	299
Serrano, C.	18, 415	Trenor, B.	461, 477
Shigihara, Y.	390	Tudela Fernández, R.	381
Shrey, D.	209	Unneland, E.	444
Silva, M. J.	353	Urendes Jiménez, E.	349
Simmross-Wattenberg, F.	85, 167	Urteaga, J.	444
Simón-Martínez, C.	270	Valiente Jaén, S.	245
Skogvoll, E.	444	Valle Morgado, C.	43
Soguero-Ruiz, C.	423, 529	Vállez, N.	2
Solà Soler, J.	456	Vaquerizo Villar, F.	39, 427
Solana, J.	521	Varona Torralvo, M. I.	56
Solar Risueño, E. M.	205	Velarde-Reyes, E.	77
Somolinos-Simón, F. J.	341	Velasco-Álvarez, F.	192
Soriano, J.	221	Velasco, J. I.	6
Sörnmo, L.	436	Velásquez, A.	278
Soto-Iglesias, D.	461	Vélez Díaz, J.	89
Sou, G.	353	Vidal, N.	353
Stashuk, D.	43	Villa-Muñoz, P.	146, 398
Tachecí, I.	510	Villacorta-Aylagas, P.	85, 167
Talaminos Barroso, A.	93	Villalba-Riquelme, E.	361
Talayero, C.	233	Villar, J.	461
Tapia-Galisteo, J.	341	Villarino Sanz, M.	68
Tello Portillo, J. P.	89	Villasante, A.	113
Tiu, C.	517	Wang, H. E.	175
Tobón, C.	498	Ye Lin, Y.	142
Tola-Arribas, M. A.	109	Zabala Eguren, A.	217
Toledo-Pastrana, T.	415	Zattera, L.	525
Tormos, A.	138, 150	Zubia Aranburu, J.	217
Tormos, J. M.	521	Zulet, M. A.	52
Tornero, D.	221		
Tornero, J.	188		



CASEIB
2022

XL Congreso Anual
de la Sociedad
Española de
Ingeniería
Biomédica



ISBN 978-84-09-45972-8



9 788409 459728