

ex vivo genera cambios histopatológicos evidentes en comparación con el tejido sin tratamiento. En el estudio histopatológico se observó necrosis coagulativa, áreas de isquemia, destrucción celular y degeneración de la matriz osteoide, lo que demuestra la capacidad de la MWA para tratar eficazmente el tejido óseo.

106 Diseño y desarrollo de monitor de polisomnografía con protocolo de comunicación MQTT para visualización web

Arnoldo Díaz,* Brenda Daniela Cazabal Rodríguez,*‡ Alberto Isaac Pérez Sanpablo,§ José Ambrosio Bastián*¶

* Universidad La Salle México, México. ‡ Departamento de Ingeniería Biomédica. § Laboratorio de Análisis de Movimiento e Ingeniería de Rehabilitación, Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra», México. ¶ Grupos de Sistemas Inteligentes Aplicados y Robótica Colaborativa de Asistencia.

Introducción: en México 40 millones de personas sufren de desórdenes del sueño. La polisomnografía es un estudio no invasivo e indoloro necesario para diagnosticar y tratar los desórdenes del sueño; sin embargo, el estudio se realiza en clínicas donde especialistas observan y monitorean los patrones de sueño del paciente, o en el hogar sin monitoreo ni control del estudio. Por eso la necesidad de un método que permita la monitorización remota. El protocolo MQTT, ideal para el internet de las cosas (IoT) ofrece una solución para la comunicación entre varios dispositivos y facilita la transmisión en tiempo real de las bioseñales logrando que la realización en casa del estudio sea monitoreada a distancia. **Objetivo:** desarrollar y validar un sistema que use MQTT para transmitir señales de electrocardiograma (ECG) y electroencefalograma (EEG) del estudio de polisomnografía manteniendo sus características como la forma, tiempo y frecuencia de la señal dentro con una diferencia de 4 segundos de transmisión y 95% de certeza para demostrar la efectividad de MQTT. **Material y métodos:** se desarrollan los canales de instrumentación de ECG y EEG para la adquisición de las señales fisiológicas, conformados por etapas de preamplificación, filtrado, amplificación fina adecuamiento y digitalización. Estos canales se calibraron usando señales de referencia con características de frecuencia y amplitud similares a las fisiológicas y ajustando las etapas para su adecuamiento para la digitalización. Con el uso de librerías de código abierto MQTT.js y PubSubClient se crearon códigos en C++ y HTML, CSS, JS para establecer clientes capaces de transmitir datos con MQTT, se hizo uso de EMQX como Broker MQTT para intermediar los datos y la página se subió a GitHub Pages para residirla en un servidor web. Tras esto, se realizaron pruebas de validación de tiempos, sustrayendo la diferencia entre estampas de tiempo de cada mensaje recibido. Finalmente, los datos transmitidos se analizaron para confirmar la retención de las características de las señales fisiológicas. **Resultados:** un sistema que asegura la transmisión y visualización en tiempo real de señales fisiológicas. El ECG retiene su forma al transmitirse, pudiendo distinguir las ondas que lo componen y manteniendo la frecuencia y amplitud con la que se transmite la señal. Los datos del EEG revelan un análisis de la densidad espectral de potencia con la forma característica de exponencial descendente, y mantiene características de tiempo y frecuencia. La estampa de tiempo generada para medir el intervalo entre mensajes muestra una diferencia promedio de 0.6 milisegundos, de igual forma los datos mantienen una precisión mayor a 95% después de su transmisión. Además, se hizo que la comunicación cumpliera con normas de protección de datos ISO/IEC 27001, HIPAA y GDPR, con el uso de protocolos web https y wss. **Conclusiones:** el estudio logró desarrollar y validar un sistema remoto de monitorización para ECG y EEG con

el uso de MQTT, logrando visualización en tiempo real dentro de 4 segundos de diferencia y 95% de certeza. Los resultados confirman que el sistema mantiene la integridad de la señal atendiendo a la necesidad de monitorización remota.

107 Conectividad cerebral relacionada con Fugl-Meyer en hombre de 72 años con EVC posterior a terapia basada en estimulación eléctrica funcional activada por una interfaz cerebro-computadora-P300

Ana Guadalupe Ramírez Nava,* Jorge Airy Mercado Gutiérrez,*‡ Óscar Yáñez Suárez,§ Luis Eduardo Pacheco González,¶ Jimena Quinzaños Fresnedo,*|| Josefina Gutiérrez Martínez*‡

* Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra», México. ‡ Investigación en Ingeniería Médica. § Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México. ¶ Facultad de Ingeniería de la UNAM, México. || Rehabilitación Neurológica.

Introducción: la neuroplasticidad es la capacidad que tiene el sistema nervioso de recuperarse posterior a una enfermedad vascular cerebral (EVC). La edad mayor a 65 años se ha asociado como un factor de mal pronóstico para neuroplasticidad y, por lo tanto, de recuperación motora. Esta última puede evaluarse a través de la escala de Fugl Meyer y el principal estudio que evalúa la neuroplasticidad es la resonancia magnética funcional; sin embargo, en ocasiones no está disponible en los centros de atención e involucra un mayor costo. **Objetivo:** demostrar conectividad cerebral en un paciente de 72 años con EVC posterior a terapia para extremidad superior basada en estimulación eléctrica funcional activada por una interfaz cerebro-computadora basada en P300 y relacionarla con Fugl Meyer en cuatro momentos: preintervención, postintervención, a los tres meses y a los seis meses. **Material y métodos:** el paciente recibió 20 sesiones de terapia para extremidad superior basada en estimulación eléctrica funcional (FES) activada por una interfaz cerebro-computadora basada en P300 (BCI-P300). Se realizaron registros de electroencefalograma (EEG) preintervención, postintervención, seguimiento a los tres y seis meses; así como valoración clínica con escala de Fugl Meyer para extremidad superior. A partir de las señales EEG filtradas en la banda beta (13-19 Hz) se obtuvo el índice ponderado de retraso de fase (weighted Phase Lag Index, wPLI) para generar mapas de conectividad de nueve localizaciones del Sistema Internacional 10-20. A partir de los valores de wPLI se calculó el grado de nodo promedio para cada uno de los cuatro registros de EEG. Finalmente se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre el grado de nodo promedio y la escala de Fugl Meyer de las cuatro valoraciones realizadas al paciente en el programa SPSS v. 20. Se consideró significancia estadística para una $p < 0.05$. **Resultados:** se obtuvieron los puntajes de 26, 29, 26 y 39 en la escala de Fugl Meyer para extremidad superior en las evaluaciones clínicas del paciente preintervención, postintervención, seguimiento a los tres y seis meses; respectivamente. En cuanto al grado de nodo promedio obtenido por electroencefalograma se obtuvo un valor preintervención de 1.11, incrementando postintervención a 3.77; en el seguimiento a tres meses se registró un valor menor de 2.44 y en la evaluación de seguimiento a los seis meses, se obtuvo el valor más alto de 4.44. En el seguimiento a tres meses se registró un decremento tanto en los puntajes de evaluación clínica como en el de conectividad cerebral comparados con los puntajes postintervención. En el análisis estadístico se obtuvo una correlación de Pearson = 0.805 «muy alta» entre las mediciones, aunque no estadísticamente significativa ($p = 0.195$). **Conclusiones:** se demuestra conectividad cerebral en un paciente geriátrico con EVC, la cual puede medirse a partir de registros de EEG de rutina y relacionarse fuertemente con escalas clínicas de

recuperación motora promovidos por una intervención basada en FES y BCI-P300. Sin embargo, se necesita realizar este análisis en una muestra mayor.

108 Membranas nanocompuestas con MgO con potencial para ser usadas en el tratamiento de fracturas óseas

Sandra Julieta García López,*
Phaedra Silva Bermúdez,*† Sandra Elizabeth Rodil Posada,§
Montserrat Ramírez Arellano¶

* Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra», México. † Unidad de Ingeniería de Tejidos Terapia Celular. § Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

¶ Postgrado de Estudios Combinados en Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Introducción: las fracturas óseas son un problema de salud pública mundial, la desventaja de los tratamientos estándares es la respuesta biológicamente inerte de los implantes para osteosíntesis, y el riesgo de infección, que aumenta significativamente en fracturas expuestas. La ingeniería de materiales es una alternativa para generar membranas microfibrilares biocompatibles embebidas con nanopartículas (NPs) de óxidos metálicos como el MgO, que puede funcionalizar estas membranas para promover la osteogénesis, disminuir el riesgo de infección y tener el potencial de regular el microambiente en la zona de lesión ósea, funcionando como parches óseos para el posible tratamiento de fracturas expuestas. **Objetivo:** generar y caracterizar las propiedades fisicoquímicas de membranas nanocompuestas con MgO biocompatibles y con potencial de regular un microambiente en la zona de lesión ósea como parches óseos para el tratamiento de fracturas. **Material y métodos:** mediante electrolizado se fabricaron membranas microfibrilares «unicomponente» (vía electrolizado uniaxial) conformadas por microfibras de policaprolactona (PCL) y gelatina (Gel) funcionalizadas con NPs de MgO a diferentes concentraciones. Se evaluaron las propiedades físicas, químicas, mecánicas y de degradación de las membranas, y del microambiente químico que generan en un medio similar al fisiológico. Además, se analizó la biocompatibilidad de estas membranas con células troncales mesenquimales derivadas de médula ósea (MSC-MO) mediante la prueba de viabilidad de calceína/homodímero de etidio a las 24 y 72 horas, así como la capacidad de inducir la diferenciación osteogénica mediante la evaluación cualitativa y cuantitativa de la tinción de rojo alizarina a los 14 días posttratamiento con el medio lixiviado de las membranas. **Resultados:** se generaron membranas maleables y resistentes de aproximadamente 5 cm de diámetro, observando microfibras nanométricas, de las cuales su diámetro disminuye conforme aumenta la concentración de NPs de MgO. El magnesio es detectado en las membranas sólo a partir de la concentración de 2%, mediante los métodos utilizados. Además, aumenta la hidrofiliabilidad de las membranas, lo que se refleja en su biocompatibilidad donde la concentración de 2% de NPs de MgO mostró una mayor viabilidad celular comparado con las concentraciones de 5 y 7% a las 72 horas. En cuanto a la presencia de rojo alizarina, un indicador de diferenciación osteoblástica, ésta aumenta conforme se incrementa la concentración de NPs MgO en las membranas, aunque el aumento no es estadísticamente significativo. **Conclusiones:** las membranas nanocompuestas además de ser biocompatibles promueven una diferenciación osteogénica indicando su uso potencial como parche óseo en las fracturas, debido a que pueden funcionar como un acarreador de MSC-MO, las cuales participan en la reparación de las fracturas y pueden diferenciarse a osteoblastos acelerando el proceso de reparación.

109 Hidrogel a base de quitosano/gelatina/ alcohol polivinílico para el cultivo in vitro de condrocitos auriculares humanos

Carmina Ortega Sánchez,*
Yaaziel Melgarejo Ramírez,*† Rogelio Rodríguez Rodríguez,§
Jorge Armando Jiménez Ávalos,§ David M Giraldo Gómez,¶
Claudia Gutiérrez Gómez,¶ Jacobo Rodríguez Campos,**
Cristina Velasquillo,*‡ Valentin Martínez López,*‡‡
Zaira Y García Carvajal§

* Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra», México. † Laboratorio de Biotecnología. § Biotecnología Médica y Farmacéutica, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, México.

¶ Unidad de Microscopia, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México, México. ¶ División de Cirugía Plástica y Reconstrucción, Hospital General «Dr. Manuel Gea González», México. ** Servicios Analíticos y Metodológicos, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, México. ‡‡ Unidad de Ingeniería de Tejidos Terapia Celular y Medicina Regenerativa.

Introducción: los hidrogeles tridimensionales (3D) proporcionan un entorno topográficamente complejo similar a los tejidos y permiten la orientación espacial de las células, lo que conduce a respuestas celulares más acertadas en entornos patofisiológicos. Existe un creciente interés en el desarrollo de hidrogeles multifuncionales utilizando mezclas ternarias para aplicaciones biomédicas. **Objetivo:** este estudio examinó la biocompatibilidad y la idoneidad de los condrocitos auriculares humanos de microtia cultivados en el hidrogel 3D de quitosano/gelatina/poli (vinil alcohol) (CS/Gel/PVA) esterilizados con vapor como andamios para aplicaciones de ingeniería de tejidos. **Material y métodos:** los hidrogeles se prepararon en una proporción de polímero (1:1:1) mediante congelación/descongelación y liofilización y se esterilizaron en autoclave. La macroestructura de los hidrogeles resultantes se investigó mediante microscopia electrónica de barrido (SEM), la detección de compuestos, materiales y aleaciones se realizó con espectros infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR). El perfil de aminoácidos presentes en la gelatina y el hidrogel se determinó mediante cromatografía líquida de ultrarrendimiento (UPLC). Se evaluaron la compatibilidad, la viabilidad, el crecimiento celular y la formación de proteínas de la matriz extracelular (ECM) para demostrar la idoneidad y funcionalidad de los hidrogeles 3D con el cultivo de condrocitos auriculares. La compatibilidad de los hidrogeles 3D se confirmó mediante un ensayo de bromuro de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolio (MTT) y ensayos de viabilidad con el kit *Live/Dead*. **Resultados:** a macroestructura de los hidrogeles resultantes evaluada por SEM mostró una estructura macroporosa heterogénea con un tamaño de poro entre 50 y 500 µm. Los espectros infrarrojos por transformada de Fourier (FTIR) mostraron que los tres polímeros interactuaron a través de enlaces de hidrógeno entre las fracciones amino e hidroxilo. El perfil de aminoácidos presentes en la gelatina y el hidrogel sugiere que la mayoría de los aminoácidos interactuaron durante la formación del hidrogel. La compatibilidad de los hidrogeles 3D se confirmó mediante un ensayo de MTT, alcanzando una viabilidad de 100% después de 72 horas. La viabilidad de los condrocitos mostró una alta afinidad de los condrocitos por el hidrogel después de 14 días, utilizando el ensayo *Live/Dead*. La adhesión de los condrocitos a los hidrogeles 3D y la formación de una matriz extracelular se observaron mediante SEM. La inmunofluorescencia confirmó la expresión de elastina, agregano y colágeno tipo II, tres de los principales componentes del cartílago elástico. **Conclusiones:** estos resultados demuestran la idoneidad y funcionalidad de un