

Predicción del valor de ICP y su lateralización en pacientes pediátricos en cuidados neurocríticos usando modelos LSTM

Edu Marin, Gianfranco Fera, Arelí Sanchez and Luis Barreto

Abstract—The abstract goes here.

Index Terms—IEEE, IEEEtran, journal, LATEX, paper, template.

I. INTRODUCCIÓN

LAS enfermedades neurológicas como la lesión cerebral traumática (TBI), el accidente cerebrovascular (ACV), la hemorragia subaracnoidea (SAH), la hemorragia intracraneal relacionada con la prematuridad y la disfunción cerebral asociada a sepsis presentan diversas manifestaciones clínicas que varían según la patología subyacente y la edad del paciente. Estas manifestaciones son cruciales para su diagnóstico y tratamiento adecuado. En este contexto, parámetros como la presión intracraneal (ICP), la presión arterial (ABP) y la velocidad de flujo sanguíneo cerebral (CBFV) son indicadores esenciales en la evaluación de la dinámica cerebral y en situaciones de emergencia neurológica. La monitorización de estos parámetros es fundamental para entender cómo diversas condiciones neurológicas afectan la presión dentro del cráneo y la perfusión cerebral, aspectos críticos en la gestión de pacientes con condiciones agudas y potencialmente mortales. Estos indicadores permiten una comprensión más profunda de las complejidades asociadas con la regulación autónoma cerebrovascular (CAR) y su impacto en la patofisiología de estas condiciones [1], [2]. El accidente cerebrovascular (ACV) en pediatría, aunque menos frecuente que en adultos, constituye un desafío significativo en el ámbito de la neurología infantil. La incidencia anual se estima entre 2.5 y 3 casos por 100,000 niños, cifra que asciende con la edad. Esta patología, que incluye tanto eventos isquémicos como hemorrágicos, puede surgir en niños previamente sanos y representa una de las principales causas de muerte y discapacidad a largo plazo en este grupo etario [3]. La detección y el tratamiento temprano son cruciales para mejorar los resultados en niños afectados por un ACV. Sin embargo, los métodos actuales para monitorizar la presión intracraneal en niños, especialmente críticos en casos de ACV hemorrágico, aún requieren mejoras para adaptarse a las particularidades fisiológicas pediátricas. Los avances en tecnología de monitorización podrían ofrecer herramientas más precisas y menos invasivas, contribuyendo

significativamente a la gestión de la presión intracraneal y la reducción de la morbilidad asociada con estas condiciones en niños. El aprendizaje automático (Machine Learning) es un campo de la inteligencia artificial que permite a las computadoras aprender y mejorar su rendimiento sin ser programadas explícitamente. Esta tecnología ha demostrado un gran potencial para el análisis de datos en diversos campos, incluida la medicina [4]. En los procesos de aprendizaje supervisado, el algoritmo es instruido mediante un conjunto de datos previamente etiquetados, como en el caso de la detección de patrones anormales en el entrenamiento de software para el diagnóstico de la epilepsia. Por otro lado, en el aprendizaje no supervisado, se emplea un algoritmo para identificar patrones emergentes o valores atípicos en datos no etiquetados que son introducidos para su análisis [4]. En los últimos años, las técnicas avanzadas de aprendizaje automático, como las redes neuronales Long Short-Term Memory (LSTM), Support Vector Machines (SVM) y Random Forests, han revolucionado el campo de la neurociencia y los cuidados críticos [5]. Estos modelos no solo han mejorado la precisión en la predicción y clasificación de datos complejos, sino que también han permitido una mejor comprensión y manejo de la dinámica intracraneal, un factor crucial para mejorar los resultados clínicos en pacientes pediátricos. En este estudio, se busca aplicar un enfoque de regresión y aprendizaje supervisado utilizando LSTM para la predicción no invasiva de la presión intracraneal (ICP), con el objetivo de desarrollar intervenciones más efectivas y oportunas.

A. Marco Teórico

1) *Contexto médico*: La presión intracraneal (ICP) es un parámetro crítico en el manejo de pacientes con afecciones neurológicas severas, como lesiones cerebrales traumáticas y accidentes cerebrovasculares hemorrágicos [6]. La presión arterial (ABP) y la velocidad de flujo sanguíneo cerebral (CBFV) son esenciales para entender la dinámica vascular cerebral y para guiar el tratamiento en pacientes con condiciones neurológicas agudas [6], [7].

2) *Trasfondo técnico*: El aprendizaje automático, especialmente las redes LSTM, son fundamentales para modelar datos dependientes del tiempo y mejorar la gestión de la salud neurológica [8], [9].

B. Objetivos del Proyecto

1) *Objetivo General*: Desarrollar y validar un modelo de aprendizaje automático para predecir de manera continua la

M. Shell was with the Department of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, 30332 USA e-mail: (see <http://www.michaelshell.org/contact.html>).

J. Doe and J. Doe are with Anonymous University.

Manuscript received April 19, 2005; revised August 26, 2015.

presión intracraneal (ICP) en pacientes pediátricos en cuidados neurocríticos.

2) *Objetivos Específicos:*

- Implementar un modelo de regresión para predecir tempranamente la ICP en situaciones críticas.
- Clasificar a los pacientes según la gravedad de su condición basándose en las características de las señales fisiológicas.
- Identificar las variables más relevantes para la predicción de la ICP mediante técnicas de selección de características.
- Validar el modelo de regresión utilizando métricas de evaluación de rendimiento como precisión y sensibilidad.
- Interpretar los resultados del modelo en el contexto clínico y discutir su aplicabilidad y limitaciones.

II. MÉTODOS

A. Metodología

1) *Preparación de Datos:*

Recolección y Acceso: Obtener acceso a la base de datos de PhysioNet, una fuente pública de registros de señales fisiológicas y datos clínicos. Cargar los datos relevantes en un entorno seguro de procesamiento de datos, asegurando la conformidad con las normativas de privacidad y protección de datos.

Exploración, Limpieza y Normalización: Realizar un análisis exploratorio inicial para identificar patrones, valores atípicos y posibles errores en los datos. Aplicar técnicas de limpieza para corregir o eliminar registros erróneos o incompletos. Normalizar las señales fisiológicas para homogeneizar la escala y facilitar su comparación y análisis.

Data Augmentation: Aplicar técnicas de data augmentation a los datos de señales fisiológicas para aumentar la diversidad y el volumen del conjunto de datos.

2) *Extracción y Selección de Características:*

Extracción: Desarrollar algoritmos para extraer características cuantitativas de las señales fisiológicas. Implementar métodos de procesamiento de señales para extraer información relevante desde el punto de vista clínico.

Selección: Utilizar técnicas estadísticas y de machine learning para identificar las características más relevantes para los modelos predictivos.

3) *Modelado y Validación:*

Modelos de Machine Learning: Incorporar modelos LSTM para regresión y desarrollar modelos de clasificación para ICP lateralizada. Aplicar modelos ensemble para mejorar la precisión y la estabilidad.

Evaluación: Evaluar el rendimiento de los modelos utilizando métricas específicas como precisión, sensibilidad, especificidad, y el área bajo la curva ROC (AUC).

B. Aplicación y Documentación

Interpretación de Resultados: Analizar e interpretar los resultados obtenidos de los modelos en el contexto clínico para entender su aplicabilidad y limitaciones.

Desarrollo de Herramientas: Crear prototipos de herramientas de software que integren los modelos desarrollados,

diseñados para ser utilizados por el personal clínico en la monitorización y toma de decisiones en tiempo real.

Documentación: Elaborar documentación detallada sobre los métodos utilizados, los modelos desarrollados, y los resultados obtenidos.

C. Consideraciones Éticas

Consentimiento Informado y Aprobación Ética: Asegurar la transparencia sobre el origen y uso de los datos y obtener la aprobación ética necesaria para el uso del dataset de PhysioNet.

Uso Apropiado de los Datos y Beneficio Social: Los datos serán utilizados exclusivamente para los fines declarados en el estudio, maximizando el beneficio social del estudio y comunicando los resultados de manera responsable.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV. CONCLUSIÓN

AGRADECIMIENTOS

REFERENCES

- [1] X. Liu, Y. Pu, D. Wu, Z. Zhang, X. Hu, and L. Liu, "Cross-frequency coupling between cerebral blood flow velocity and eeg in ischemic stroke patients with large vessel occlusion," *Frontiers in neurology*, vol. 10, Mar 2019.
- [2] S. P. Klein, B. Depreitere, and G. Meyfroidt, "How i monitor cerebral autoregulation," *Critical Care*, vol. 23, May 2019.
- [3] C. B. Dabdoub *et al.*, "Accidente cerebrovascular: un manto oscuro en pediatría," *Rev. bol. ped.*, vol. 53, no. 3, pp. 129–136, 2014.
- [4] Y. KH, B. AL, and K. IS, "Artificial intelligence in healthcare," *Nature Biomedical Engineering*, vol. 2, pp. 719–731, 2018.
- [5] N. Phutela, D. Relan, G. Gabrani, P. Kumaraguru, and M. Samuel, "Stress classification using brain signals based on lstm network," *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2022, pp. 1–13, Apr 2022.
- [6] R. Jaishankar, A. Fanelli, A. Filippidis, T. Vu, J. Holsapple, and T. Heldt, "A spectral approach to model-based noninvasive intracranial pressure estimation," *IEEE journal of biomedical and health informatics*, vol. 24, pp. 2398–2406, Aug 2020.
- [7] A. Fanelli *et al.*, "Fully automated, real-time, calibration-free, continuous noninvasive estimation of intracranial pressure in children," *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, vol. 24, pp. 509–519, Nov 2019.
- [8] "What is machine learning? — microsoft azure." <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-machine-learning-platform>. Accessed: 2024-04-03.
- [9] S. Hochreiter and J. Schmidhuber, "Long short-term memory," *Neural Computation*, vol. 9, no. 8, pp. 1735–1780, 1997.