



Recibido: 06-05-2024
Aceptado: 24-05-2024

Inteligencia artificial, la nueva herramienta en la medicina perioperatoria y en el manejo del dolor postoperatorio

Artificial intelligence, the new tool in perioperative medicine and postoperative pain management

Dra. Frida Fernanda Verdugo-Velázquez,* Dr. Luis Enrique Hernández-Badillo,†
Dra. Johanna Emmarlyn Reyes-Rojas,* Dra. Ana Lilia Garduño-López*

Palabras clave:

inteligencia artificial,
medicina perioperatoria,
Deep Learning,
Machine Learning,
anestesia regional,
dolor postoperatorio.

Keywords:

artificial intelligence,
perioperative medicine,
Deep Learning, Machine
Learning, regional
anesthesia, postoperative
pain.

Citar como: Verdugo-Velázquez FF, Hernández-Badillo LE, Reyes-Rojas JE, Garduño-López AL. Inteligencia artificial, la nueva herramienta en la medicina perioperatoria y en el manejo del dolor postoperatorio. Rev Mex Anestesiología. 2024; 47 (4): 291-295. <https://dx.doi.org/10.35366/116239>

* Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Ciudad de México.
† Instituto Nacional de Cancerología, Ciudad de México.

Correspondencia:

Dra. Ana Lilia Garduño López

Coordinadora del proyecto PAIN OUT México, Centro Coordinador de la Red Mexicana PAIN OUT. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Vasco de Quiroga Núm. 15, Primer piso, Col. Sección XVI, 14000, Alc. Tlalpan, Ciudad de México
Tel: (55) 5487-0900, ext. 5020 y 5021.

E-mail: analiliagarduo@gmail.com

Visite nuestra página <http://www.painoutmexico.com>



RESUMEN. A lo largo de la historia, la ciencia y la tecnología se han convertido en aliados en el área de la salud. Nos encontramos en una nueva era en donde el desarrollo de la inteligencia artificial (IA) junto a su aplicación en la medicina pueden mejorar la toma de decisiones de los profesionales de la salud para disminuir riesgos, basándose en herramientas como los algoritmos de predicción o las redes neuronales artificiales. La aplicación de inteligencia artificial forma parte tanto del presente como del futuro de la anestesiología y de la medicina perioperatoria, siendo una herramienta útil para el anestesiólogo. Este artículo se enfoca en la aplicación de la IA para la creación de algoritmos, así como en el potencial que tiene para revolucionar la práctica clínica en el manejo del dolor postquirúrgico.

ABSTRACT. Throughout history, science and technology have become allies in the area of healthcare. We are in a new era where the development of artificial intelligence (AI) and its application in medicine can improve the decision making of healthcare professionals to reduce risks, based on tools such as predictive algorithms or artificial neural networks. The application of artificial intelligence is part of both the present and the future of anesthesiology and perioperative medicine, being a useful tool for the anesthesiologist. This article focuses on the application of AI for the creation of algorithms, as well as its potential to revolutionize clinical practice in the management of post-surgical pain.

Abreviaturas:

IA = inteligencia artificial.

El espíritu humano debe prevalecer sobre la tecnología.

Albert Einstein

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) representa un campo interdisciplinario que se dedica a investigar y desarrollar sistemas informáticos con la finalidad de reproducir la inteligencia

humana. Entre estos sistemas se encuentran el *Machine Learning* y el *Deep Learning*; el primero funciona con la recopilación de una gran cantidad de datos (Big data) e información para identificar patrones, lo cual es útil para crear algoritmos o modelos predictivos, mientras que el segundo funciona como una red neuronal artificial útil para tareas de procesamiento de datos más complejos. Dentro de algunas de sus aplicaciones destacan el reconocimiento de imágenes o del habla, y el procesamiento del lenguaje natural, con lo cual se intenta imitar la función del cerebro humano^(1,2).



INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN MEDICINA PERIOPERATORIA

Entre algunos de los usos y ventajas que ofrece actualmente la inteligencia artificial en la medicina (Figura 1) se incluyen la capacidad de unir datos de manera eficiente, la automatización de tareas repetitivas, la detección de errores en prescripciones o efectos adversos de medicamentos, el apoyo en la evaluación prequirúrgica, la predicción de respuesta a la anestesia, entre otros, para así lograr una atención individualizada de los pacientes, disminuyendo el riesgo de complicaciones^(2,3).

En los últimos años se han estudiado distintas formas del uso de IA en la medicina perioperatoria para evaluar y clasificar riesgos, para el monitoreo intraoperatorio y para el cuidado en terapia intensiva. La detección de complicaciones es una de sus utilidades más importantes, para esto se crean algoritmos de predicción basados en «*Machine Learning*» el cual es el modelo de algoritmos de IA más utilizado en la medicina perioperatoria⁽⁴⁾ (Tabla 1).

Existen diversos SCORES para evaluación de riesgos, pero estos tienen sus propias limitaciones. Los modelos de *Machine Learning* son particularmente efectivos en esta primera etapa de evaluación, mediante la detección de pacientes que presentan un alto riesgo quirúrgico para la anticipación de posibles escenarios y resultados postoperatorios. Difieren de los modelos convencionales, pues los algoritmos de IA tienen la ventaja de utilizar datos previos, introducir información de nuevos casos, y crear un algoritmo individualizado para cada paciente, basándose en datos demográficos, su historial mé-

dico, procedimientos quirúrgicos, constantes vitales, valores de laboratorio u otros factores clínicos^(2,12,13).

BIG DATA, MACHINE LEARNING, DEEP LEARNING Y SU APLICACIÓN EN EL MANEJO DEL DOLOR POSTOPERATORIO Y LA ANESTESIA REGIONAL

El uso del Big Data en salud permite la personalización de tratamientos adaptados a las necesidades individuales de cada paciente. Esto podría tener un impacto positivo en la calidad de vida, al mismo tiempo que se reducen pérdidas de recursos en el sistema de salud y se logran ahorros significativos en costos de atención médica⁽¹⁴⁾. Para recabar grandes cantidades de datos se han creado protocolos estandarizados utilizando Big Data en diversos centros médicos, con el fin de mejorar la calidad de la información y optimizar su uso al aplicarlo en protocolos de investigación, auditorías internas y/o en la creación de nuevas propuestas para el tratamiento. Un ejemplo de ello, es el sistema de gestión en dolor *PAIN OUT* (<https://www.pain-out.eu/drupal/painout/>), el cual es un proyecto internacional fundado en la Universidad de Jena, Alemania, que utiliza información registrada del tratamiento y resultados en el manejo de dolor de los pacientes, con la finalidad de mejorar la calidad en la atención⁽¹⁵⁾. Actualmente *Pain Out* cuenta con la adhesión de varios países, entre ellos México (www.painoutmexico.com) que vierten los resultados de sus pacientes en su website. De esta manera, el *Machine Learning* puede contribuir a la creación de nuevos

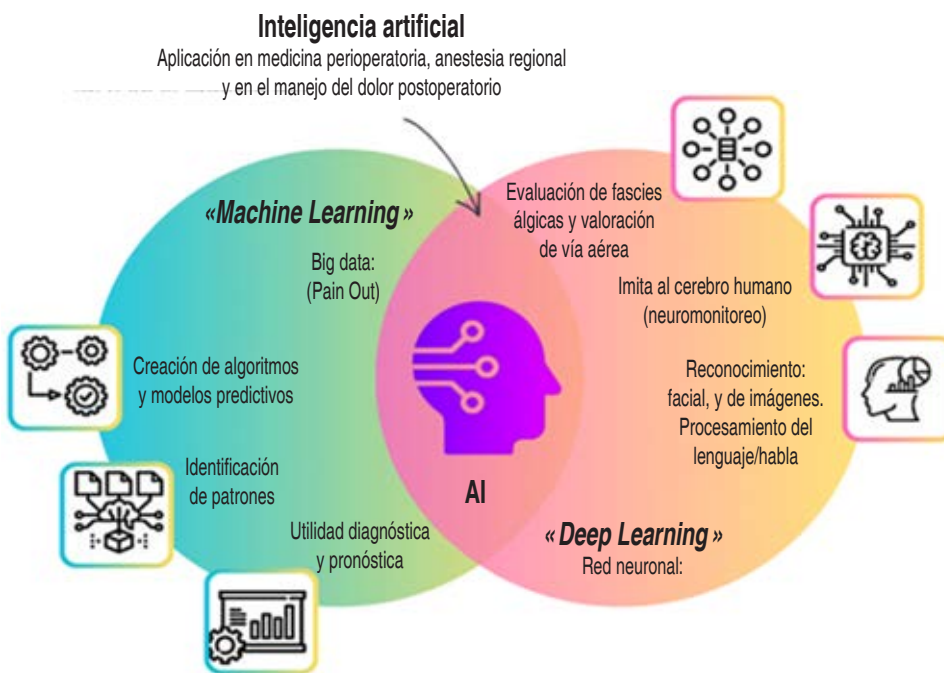


Figura 1:

Resumen gráfico de los sistemas de inteligencia artificial (*Machine Learning* & *Deep Learning*) principales diferencias, funcionamiento y posibles aplicaciones clínicas.

Tabla 1: Algoritmos de predicción basados en *Machine Learning*.

Autor (referencia)	Año	Algoritmo
Hatib F ⁽⁵⁾	2018	Predicción de la hipotensión basada en el análisis de alta fidelidad de la forma de onda de la presión arterial
Lee J ⁽⁶⁾	2019	Predicción del dolor clínico basada en <i>Machine Learning</i> mediante neuroimagen y métricas autonómicas
Mišić VV ⁽⁷⁾	2020	Predicción del reingreso hospitalario postoperatorio en urgencias
Wang Y ⁽⁸⁾	2021	Predicción del dolor crónico en pacientes postoperadas de cáncer de mama con múltiples modelos de <i>Machine Learning</i> y <i>Deep Learning</i>
Hsiao F-J ⁽⁹⁾	2021	Predicción basada en <i>Machine Learning</i> de la sensibilidad al dolor por calor mediante EEG en estado de reposo
Huang L ⁽¹⁰⁾	2022	Predicción automática de la duración de la cirugía y la emergencia anestésica mediante redes neuronales artificiales
Persson I ⁽¹¹⁾	2023	Algoritmo de aprendizaje automático que predice la lesión renal aguda en pacientes de la unidad de cuidados intensivos

EEG = electroencefalograma.

Tabla 2: Modelos de estudio basados en *Deep Learning*.

Autor (referencia)	Año	Algoritmos de predicción
Semwal A ⁽¹⁹⁾	2018	Detección automática de la intensidad del dolor mediante redes neuronales convolucionales
Lee H-C ⁽²⁰⁾	2018	Predicción del índice bispectral durante la infusión controlada de propofol y remifentanilo
Salekin MS ⁽²¹⁾	2020	Enfoque espaciotemporal multimodal de <i>Deep Learning</i> para la evaluación del dolor postoperatorio neonatal
Wang R ⁽²²⁾	2020	Red fisiológica profunda basada en RNN-ANN (red neuronal recurrente-red neuronal artificial) híbrida para el reconocimiento del dolor
Zhi R ⁽²³⁾	2021	Redes neuronales integradas en flujos multimodales para la evaluación del dolor
Guan B ⁽²⁴⁾	2022	Enfoque por medio de <i>Deep Learning</i> para predecir la progresión del dolor en la osteoartritis de rodilla
Liu Y-L ⁽²⁵⁾	2022	Algoritmo de aprendizaje profundo para detectar pericarditis aguda por electrocardiograma
Yoon H ⁽²⁶⁾	2022	Desarrollo de un indicador de dolor espontáneo basado en el calcio celular cerebral mediante <i>Deep Learning</i>
Fang J ⁽²⁷⁾	2023	Evaluación guiada por <i>Deep Learning</i> del dolor postoperatorio en niños
Fontaine D ⁽²⁸⁾	2023	Inteligencia artificial para evaluar el dolor postoperatorio a partir del reconocimiento de expresiones faciales
Pinzon-Arenas JO ⁽²⁹⁾	2023	Diseño y evaluación de modelos de <i>Deep Learning</i> para la detección continua del dolor agudo basado en la actividad electrodérmica

algoritmos, proporcionar mejores herramientas para la toma de decisiones y así tener mejores resultados en el manejo del dolor postquirúrgico⁽¹⁶⁾.

Las vías de atención perioperatoria pueden ser complejas tanto para los pacientes como para los anestesiólogos, por lo que es fundamental adoptar dentro del campo clínico las nuevas herramientas tecnológicas para apoyar el proceso perioperatorio⁽¹⁷⁾. Las redes neuronales artificiales utilizadas en *Deep Learning* crean redes de información y algoritmos más complejos que el *Machine Learning*, simulando las funciones neuronales humanas. Recientemente se han creado nuevos algoritmos basados en redes neuronales para la evaluación del dolor. Con el constante desarrollo de nuevos métodos de *Deep Learning*, estos algoritmos han mostrado mejores resultados en la práctica clínica⁽¹⁸⁾ (Tabla 2).

Evaluar el dolor es esencial para ajustar el tratamiento analgésico y determinar su efectividad, siendo clave en la atención médica diaria⁽³⁰⁾. El dolor postoperatorio afecta a 80% de los pacientes, 75% de ellos experimentando dolor moderado a intenso. La evaluación del dolor postoperatorio es desafiante debido a las limitaciones en la comunicación⁽³¹⁾, lo cual trae como consecuencias tratamientos inadecuados, complicaciones y dolor postoperatorio persistente^(30,32). Al

inicio, los primeros intentos se dirigieron a variaciones en las unidades de acción facial según el sistema de codificación de acciones faciales; sin embargo, la necesidad de un observador entrenado dificulta su uso clínico^(28,32). Los avances en la IA han desarrollado un nuevo sistema que reconoce las expresiones faciales del dolor, facilitando la monitorización automática del dolor en tiempo real, siendo el Reconocimiento Automático del Dolor el cual combina *hardware*, *software* e IA para observar el dolor, utilizando indicadores como expresiones faciales, movimientos de evitación y señales fisiológicas⁽²⁸⁾. No obstante, la expresión facial por un estímulo doloroso agudo de corta duración, podría no ser registrada por esta tecnología, ya que este sistema novedoso permite únicamente reconocer patrones de expresión facial manifestados en tiempos más prolongados. Pudiendo ser útil, hasta el momento, sólo en escenarios de dolor crónico, limitando de cierta manera su uso en dolor agudo postoperatorio; sin embargo no dudamos que en un futuro esto cambie^(32,33).

El uso de la anestesia regional ha aumentado en las últimas décadas, por su importancia en el manejo del dolor postoperatorio y por su beneficio en la prevención de dolor crónico postoperatorio. Para que un bloqueo muestre mejores resultados postquirúrgicos, se debe realizar con la técnica

correcta, se deben identificar correctamente las estructuras anatómicas en el ultrasonido (sonoanatomía), así como el blanco del bloqueo en donde será administrado el anestésico local, y las estructuras cercanas para evitar complicaciones relacionadas con el bloqueo, también se tiene que tener un buen manejo de la aguja, lo cual requiere de mucha práctica. El conocimiento de la anatomía y la identificación de la misma en el ultrasonido muestra un reto para los anestesiólogos en formación⁽³⁴⁾. Existen nuevos sistemas en algunas marcas de ultrasonido, basados en *Deep Learning* en donde las redes neuronales realizan la segmentación (resaltado por superposición de colores) de las estructuras anatómicas en bloqueos guiados por ultrasonido en tiempo real⁽³⁵⁾. En algunos estudios, la identificación de áreas sonoanatómicas mediante colores en el ultrasonido, ha demostrado ser útil en 99.7% de los casos reportados al realizar bloqueos regionales⁽³⁴⁾. La IA se ha convertido en una herramienta educativa valiosa para entrenar a los anestesiólogos, motivándolos a aprender sobre la sonoanatomía y la anestesia regional de manera más rápida y efectiva.

CONCLUSIONES

La IA tiene el potencial de transformar la medicina perioperatoria, al mejorar la precisión diagnóstica, la planificación quirúrgica, el monitoreo del paciente, la toma de decisiones clínicas, la práctica en la anestesia regional y el manejo del dolor postquirúrgico. A pesar de los desafíos técnicos, éticos o socioculturales que enfrenta, su aplicación promete mejoras significativas en la atención al paciente y la reducción de complicaciones. El futuro de la medicina perioperatoria y del manejo del dolor Postoperatorio está intrínsecamente vinculado con la evolución continua de la inteligencia artificial.

REFERENCIAS

- Maheshwari K, Cywinski JB, Papay F, Khanna AK, Mathur P. Artificial intelligence for perioperative medicine: perioperative intelligence. *Anesth Analg*. 2023;136:637-645. Available in: <http://dx.doi.org/10.1213/ane.0000000000005952>
- Cascella M, Tracey MC, Petrucci E, Bignami EG. Exploring artificial intelligence in anesthesia: a primer on ethics, and clinical applications. *Surgeries (Basel)*. 2023;4:264-274. Available in: <http://dx.doi.org/10.3390/surgeries4020027>
- Lanzagorta-Ortega D, Carrillo-Pérez DL, Carrillo-Esper R. Inteligencia artificial en medicina: presente y futuro. *Gac Med Mex*. 2022;158:17-21. Available in: <http://dx.doi.org/10.24875/gmm.m22000688>
- Yoon H-K, Yang H-L, Jung C-W, Lee H-C. Artificial intelligence in perioperative medicine: a narrative review. *Korean J Anesthesiol*. 2022;75:202-215. Available in: <http://dx.doi.org/10.4097/kja.22157>
- Hatib F, Jian Z, Buddi S, Lee C, Settels J, Sibert K, et al. Machine-learning algorithm to predict hypotension based on high-fidelity arterial pressure waveform analysis. *Anesthesiology*. 2018;129:663-674. Available in: <http://dx.doi.org/10.1097/aln.0000000000002300>
- Lee J, Mawla I, Kim J, Loggia ML, Ortiz A, Jung C, et al. *Machine Learning*-based prediction of clinical pain using multimodal neuroimaging and autonomic metrics. *Pain*. 2019;160:550-560. Available in: <http://dx.doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001417>
- Misić VV, Gabel E, Hofer I, Rajaram K, Mahajan A. *Machine Learning* prediction of postoperative emergency department hospital readmission. *Anesthesiology*. 2020;132:968-980. Available in: <http://dx.doi.org/10.1097/aln.00000000000003140>
- Wang Y, Zhu Y, Xue Q, Ji M, Tong J, Yang J-J, et al. Predicting chronic pain in postoperative breast cancer patients with multiple *Machine Learning* and *Deep Learning* models. *J Clin Anesth*. 2021;74:110423. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclinane.2021.110423>
- Hsiao F-J, Chen W-T, Pan L-LH, Liu H-Y, Wang Y-F, Chen S-P, et al. *Machine Learning*-based prediction of heat pain sensitivity by using resting-state EEG. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2021;26:1537-1547. Available in: <http://dx.doi.org/10.52586/5047>
- Huang L, Chen X, Liu W, Shih P-C, Bao J. Automatic surgery and anesthesia emergence duration prediction using artificial neural networks. *J Healthc Eng*. 2022;2022:1-17. Available in: <http://dx.doi.org/10.1155/2022/2921775>
- Persson I, Grünwald A, Morvan L, Becedas D, Arlbrandt M. A *Machine Learning* algorithm predicting acute kidney injury in intensive care unit patients (NAVOY Acute Kidney Injury): proof-of-concept study. *JMIR Form Res*. 2023;7:e45979. Available in: <http://dx.doi.org/10.2196/45979>
- Bellini V, Valente M, Gaddi AV, Pelosi P, Bignami E. Artificial intelligence and telemedicine in anesthesia: potential and problems. *Minerva Anestesiol*. 2022;88:729-734. Available in: <http://dx.doi.org/10.23736/s0375-9393.21.16241-8>
- Bellini V, Valente M, Bertorelli G, Pifferi B, Craca M, Mordonini M, et al. *Machine Learning* in perioperative medicine: a systematic review. *J Anesth Analg Crit Care*. 2022;2:2. Available in: <http://dx.doi.org/10.1186/s44158-022-00033-y>
- Batko K, Slezak A. The use of big data analytics in healthcare. *J Big Data*. 2022;9:3. Available in: <http://dx.doi.org/10.1186/s40537-021-00553-4>
- Rothaug J, Zaslansky R, Schwenkglekns M, Komann M, Allvin R, Backström R, et al. Patients' perception of postoperative pain management: Validation of the international pain outcomes (IPO) questionnaire. *J Pain*. 2013;14:1361-1370. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpain.2013.05.016>
- Müller-Wirtz LM, Volk T. Big data in studying acute pain and regional anesthesia. *J Clin Med*. 2021;10:1425. Available in: <https://doi.org/10.3390/jcm10071425>
- Wall J, Dhese J, Snowden C, Swart M. Perioperative medicine. *Future Healthcare J*. 2022;9:138-143. Available in: <http://dx.doi.org/10.7861/fhj.2022-0051>
- Gkikas S, Tsiknakis M. Automatic assessment of pain based on *Deep Learning* methods: a systematic review. *Comput Methods Programs Biomed*. 2023;231:107365. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmpb.2023.107365>
- Semwal A, Londhe ND. Automated pain severity detection using convolutional neural network. In: 2018 International Conference on Computational Techniques, Electronics and Mechanical Systems (CTEMS). IEEE; 2018.
- Lee H-C, Ryu H-G, Chung E-J, Jung C-W. Prediction of bispectral index during target-controlled infusion of propofol and remifentanyl. *Anesthesiology*. 2018;128:492-501. Available in: <http://dx.doi.org/10.1097/aln.0000000000001892>
- Salekin MS, Zamzmi G, Goldof D, Kasturi R, Ho T, Sun Y. Multimodal spatio-temporal *Deep Learning* approach for neonatal postoperative pain assessment. *Comput Biol Med*. 2021;129:104150. Available in: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmpbiomed.2020.104150>
- Wang R, Xu K, Feng H, Chen W. Hybrid RNN-ANN based deep physiological network for pain recognition. In: 2020 42nd Annual

- International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC). IEEE; 2020.
23. Zhi R, Zhou C, Yu J, Li T, Zamzmi G. Multimodal-based stream integrated neural networks for pain assessment. *IEICE Trans Inf Syst.* 2021;E104.D:2184-294. Available in: <http://dx.doi.org/10.1587/transinf.2021edp7065>
 24. Guan B, Liu F, Mizaian AH, Demehri S, Samsonov A, Guermazi A, et al. *Deep Learning* approach to predict pain progression in knee osteoarthritis. *Skeletal Radiol.* 2022;51:363-373. Available in: <http://dx.doi.org/10.1007/s00256-021-03773-0>
 25. Liu Y-L, Lin C-S, Cheng C-C, Lin C. A *Deep Learning* algorithm for detecting acute pericarditis by electrocardiogram. *J Pers Med.* 2022;12:1150. Available in: <http://dx.doi.org/10.3390/jpm12071150>
 26. Yoon H, Bak MS, Kim SH, Lee JH, Chung G, Kim SJ, et al. Development of a spontaneous pain indicator based on brain cellular calcium using *Deep Learning*. *Exp Mol Med.* 2022;54:1179-1187. Available in: <http://dx.doi.org/10.1038/s12276-022-00828-7>
 27. Fang J, Wu W, Liu J, Zhang S. *Deep Learning*-guided postoperative pain assessment in children. *Pain.* 2023;164:2029-2035. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002900>
 28. Fontaine D, Vielzeuf V, Genestier P, Limeux P, Santucci-Sivilotto S, Mory E, et al. Artificial intelligence to evaluate postoperative pain based on facial expression recognition. *Eur J Pain.* 2022;26:1282-1291. Available in: <http://dx.doi.org/10.1002/ejp.1948>
 29. Pinzon-Arenas JO, Kong Y, Chon KH, Posada-Quintero HF. Design and evaluation of *Deep Learning* models for continuous acute pain detection based on phasic electrodermal activity. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2023;27:4250-4260. Available in: <http://dx.doi.org/10.1109/jbhi.2023.3291955>
 30. Melzack R, Katz J. Pain assessment in adult patients. In: McMahon SB, Koltzenburg M, Tracey I, Turk D, editors. *Wall and Melzack textbook of pain.* Elsevier Saunders; 2013. pp. 301-314.
 31. Apfelbaum JL, Chen C, Mehta SS, Gan TJ. Postoperative pain experience: results from a national survey suggest postoperative pain continues to be undermanaged. *Anesth Analg.* 2003;97:534-540. doi: 10.1213/01.Ane.0000068822.10113.9e
 32. Park I, Park JH, Yoon J, Song IA, Na HS, Ryu JH, Oh AY. Artificial intelligence model predicting postoperative pain using facial expressions: a pilot study. *J Clin Monit Comput.* 2024;38:261-270. doi: 10.1007/s10877-023-01100-7.
 33. Ekman P, Friesen WV. Measuring facial movement. *Environ Psychol Nonverbal Behav.* 1976;1:56-75. doi: 10.1007/BF01115465.
 34. Balavenkatasubramanian J, Kumar S, Sanjayan RD. Artificial intelligence in regional anaesthesia. *Indian J Anaesth.* 2024;68:100-104. Available in: http://dx.doi.org/10.4103/ija.ija_1274_23
 35. Bowness J, Varsou O, Turbitt L, Burkett-St Laurent D. Identifying anatomical structures on ultrasound: assistive artificial intelligence in ultrasound-guided regional anesthesia. *Clin Anat.* 2021;34:802-809. Available in: <http://dx.doi.org/10.1002/ca.23742>