

УДК: 37.018.43:004+616-07+616-071.4
DOI: 10.24061/2413-4260. XV.4.58.2025.10

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ – СУЧАСНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ХРОНІЧНОГО ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОГО БОЛЮ

Я. В. Семкович

Івано-Франківський національний медичний університет,
КНП «Івано-Франківська обласна дитяча клінічна лікарня
Івано-Франківської обласної ради»
(м. Івано-Франківськ, Україна)

Резюме.

Достатньої кількості інформації щодо діагностики та лікування болю у дітей є вкрай мало. Саме тому гострий та хронічний біль у дітей є актуальною проблемою медичної та соціальної сфери. Хронічний біль, який визначається як біль, що триває або рецидивує довше трьох місяців, може бути первинним (незалежно від будь-якого виявленого біологічного чи психологічного фактору, що сприяє) або вторинним по відношенню до чіткої, основної етіології. Ефективне післяопераційне знеболення має вирішальне значення для одужання дітей та вимагає точної оцінки болю. Хоча цифрові технології, у тому числі штучний інтелект (ШІ), все частіше застосовується для оцінки болю (аналіз міміки, рухів тіла та вокалізації), існує помітна нестача даних щодо їх ролі в менеджменті післяопераційного болю у дітей.

Мета. Запропонувати сучасний цифровий інструмент прогнозування хронічного післяопераційного болю у дітей.

Матеріали та методи дослідження. Обстежено та проліковано 205 дітей, оперованих з приводу апендициту, гриж, варікоцеле, гідроцеле з гострим та хронічним болем, які були поділені на 2 групи. До 1 групи увійшло 114 дітей, які були оперовані з приводу апендициту (1А підгрупа – 83 дитини з гострим післяопераційним болем; 1Б підгрупа – 31 дитина з гострим післяопераційним болем у яких через три та 6 місяців діагностовано ознаки хронічного болю. До другої групи увійшли 91 дитина, які були оперовані з приводу гриж черевної стінки, крипторхізму, варікоцеле та гідроцеле (2А підгрупа – 61 дитину з гострим післяопераційним болем; 2Б підгрупи – 30 дітей з гострим післяопераційним болем у яких через три та 6 місяців діагностовано ознаки хронічного болю. Оцінка якості знеболення та наявності гострого болю проводилась за допомогою візуально-аналогової шкали (ВАШ), шкали FLACC (обличчя, позиція ніг в ліжку, активність, плач, емоційний стан). Визначення показників ВАШ, FLACC проводилось з першої до шостої доби у всіх дітей. Симптоми хронічного болю проводили за допомогою опитувальників DN4 та LANSS через три та шість місяців після оперативного втручання. Усі клінічні та лабораторні дослідження проводилися відповідно до Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людини як об'єкт дослідження». Робота є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри дитячих хвороб післядипломної освіти Івано-франківського національного медичного університету на тему: «Стан здоров'я та особливості адаптації дітей Прикарпаття із соматичними захворюваннями, їх профілактика» (номер державної реєстрації 0121U111129, терміни виконання 2021-2026 рр.).

Результати дослідження та їх обговорення. Під час дослідження підтверджено необхідність верифікації та моніторингу гострого болю (шкали болю ВАШ, FLACC) для можливості прогнозування хронічного післяопераційного болю (шкали болю DN4, LANSS) у дітей після оперативного втручання на нижньому відділі черевної порожнини. Було встановлено дискримінуючу здатність даних шкал болю на 1, 3, 6 доби після оперативного втручання. Складено алгоритм прогнозування хронічного болю. За допомогою штучного інтелекту розроблено HTML додаток для пацієнтів, що дозволяє в післяопераційному періоді запідозрити ймовірність виникнення хронічного больового синдрому.

Висновок. Швидкий розвиток цифрових технологій, у тому числі штучного інтелекту, дозволяє об'єктивізувати оцінку гострого післяопераційного болю та надає можливість прогнозування хронічного післяопераційного болю. Це дозволяє лікарям спостерігати за цими пацієнтами та здійснювати менеджмент болю на ранніх етапах формування хронічного больового синдрому.

Ключові слова: післяопераційний біль; діти; штучний інтелект; шкала болю.

Вступ

Наразі існують прогалини у знаннях про валідовані критерії для певних больових станів у дітей, адекватні протоколи лікування, адекватне дозування ліків для всіх вікових груп та абсолютна відсутність доказів для інвазивних втручань. Кількість публікацій, пов'язаних з болем у дітей, у 2023 році становила приблизно одну десяту від кількості, пов'язаної з болем у дорослих. Хронічний біль пов'язаний зі значними функціональними та соціальними порушеннями [1]. Хронічний біль є поширеним явищем у дитинстві та підлітковому віці і супроводжується негативними наслідками. При цьому, життя сімей та опікунів також значно погіршується. Якщо з моменту травми, лікування чи операції проходить певний час, а біль/дискомфорт не зникають – йдеться про хронічний біль. Часто важко визначити ін-

тенсивність болю або навіть довести його існування [2, 3]. Дискомфорт і біль не минають, а фізичний біль може супроводжуватися психічними проблемами [4-6]. Хронічний біль, який визначається як біль, що триває або рецидивує довше трьох місяців, може бути первинним (незалежно від будь-якого виявленого біологічного чи психологічного фактору, що сприяє) або вторинним по відношенню до чіткої, основної етіології [7-9]. Біль у дітей відрізняється від болю у дорослих через фізіологічні, анатомічні та соціальні причини [10-12]. Лікування хронічного болю у дітей є складним та проблематичним внаслідок недостатньої кількості досліджень та вимагає персоналізованого, мультимодального та міждисциплінарного підходу. Хронічний біль у дітей, безумовно, є надважливим питанням як з точки зору досліджень, так і менеджменту [13-14]. Проведення до-

бре структурованих досліджень у цій галузі є складним та дороговартісним [15]. Як наслідок, лікарі-альгологи мають труднощі з питаннями діагностики та лікування хронічного дитячого болю [16-19]. У цій ситуації штучний інтелект (ШІ) може бути потужним ресурсом [20]. Персоналізовані методи повинні оцінювати не лише пацієнта в його цілісності, але й перш за все в його унікальності [21]. Слово «діти» включає дуже різні категорії пацієнтів – від пацієнтів віком лише кілька місяців до підлітків, які мають абсолютно різні анатомо-фізіологічні та патологічні характеристики [21]. Підхід до однієї й тієї ж больової патології у немовляти чи підлітка безумовно передбачає не лише два різні підходи до терапії, але й дві різні діагностичні процедури. Завершує цю складну картину кореляція між рідкісними патологіями та болем, що характеризує дітей, які іноді є сиротами [22]. ВООЗ встановлює, що саме ці пацієнти заслуговують на золотий стандарт лікування болю [23]. Відомо, що вплив повторюваних больових подразників у ранньому віці має короткострокові та довгострокові негативні наслідки, у тому числі сприяє виникненню дезадаптивних змін у поведінці, залежності від анальгетиків та затримки післяопераційного відновлення [24]. Короткострокові наслідки можуть викликати низку неврологічних, ендокринних та серцево-судинних системних стресів, пов'язаних з психологічною травмою. Довгострокові наслідки можуть змінити процес дозрівання мозку, що призводить до порушення нейронного розвитку, поведінкових та когнітивних функцій. Протягом останніх кількох років автоматизована оцінка болю привертає все більшу увагу. Вона дозволяє швидко аналізувати поведінку та постійно контролювати біль у дітей. Вираз обличчя дитини є чутливим біомаркером, який може вказувати на тяжкість болю [25].

Ефективне післяопераційне знеболення має вирішальне значення для одужання дітей та вимагає точної оцінки болю. Традиційні методи, що зазвичай використовуються у педіатричній популяції, мають суттєві обмеження. Наявні інструменти оцінки болю, які часто спираються на суб'єктивні показники та інформацію від опікуна, можуть бути ненадійними через різне сприйняття у різних людей. Шкали самооцінки (behavioral pain scale – BPS), такі як візуально-аналогова шкала (visual analogue score – VAS), цифрова шкала NRS (numerical rating scale), шкала FLACC (faces, legs, activity, cry, and consolability) використовуються у дітей з різними клінічними станами, які можуть бути не валідованими.

Хоча цифрові технології, у тому числі ШІ, все частіше застосовуються для оцінки болю (аналіз міміки, рухів тіла та вокалізацій), існує помітна нестача даних щодо їх ролі в менеджменті післяопераційного болю у дітей [26].

Мета. Запропонувати сучасний цифровий інструмент прогнозування хронічного післяопераційного болю у дітей.

Матеріали та методи дослідження

Обстежено та проліковано 205 дітей, які були поділені на 2 групи. До 1 групи увійшло 114 дітей, які були оперовані з приводу апендициту (1А підгрупа –

83 дитини із гострим післяопераційним болем; 1Б підгрупа – 31 дитина з гострим післяопераційним болем), у яких через 3 та 6 місяців було діагностовано ознаки хронічного болю. До другої групи увійшли 91 дитина, які були оперовані з приводу гриж черевної стінки, крипторхізму, варикоцеле та гідроцеле (2А підгрупа – 61 дитина із гострим післяопераційним болем; 2Б підгрупа – 30 дітей з гострим післяопераційним болем), у яких через 3 та 6 місяців діагностовано ознаки хронічного болю.

Оцінка якості знеболення та наявності гострого болю проводилась за допомогою візуально-аналогової шкали (ВАШ), шкали FLACC (обличчя, позиція ніг в ліжку, активність, плач, емоційний стан). Визначення показників ВАШ, FLACC проводилось з першої до шостої доби у всіх дітей. Симптоми хронічного болю проводили за допомогою опитувальників DN4 та LANSS через три та шість місяців після оперативного втручання. Діагностику та лікування гострого апендициту та гриж, варикоцеле, гідроцеле у дітей проводили згідно діючого Протоколу лікування [27].

Робота є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри дитячих хвороб післядипломної освіти Івано-Франківського національного медичного університету на тему: «Стан здоров'я та особливості адаптації дітей Прикарпаття із соматичними захворюваннями, їх профілактика» (номер державної реєстрації 0121U111129, терміни виконання 2021-2026 рр.).

Результати дослідження та їх обговорення

У межах проведеного дослідження було оцінено прогностичну ефективність клінічних шкал для визначення інтенсивності гострого болю з метою прогнозування ризику розвитку хронічного больового синдрому у дітей протягом тримісячного періоду після оперативного втручання з приводу апендициту. Аналіз показників шкали FLACC засвідчив достатньо високу дискримінантну здатність у визначенні пацієнтів із потенційно підвищеним ризиком формування хронічного болю. Зокрема, у першу добу після операції за порогового значення >6 балів було отримано AUROC 0,73 (95% ДІ 0,63-0,83; $p = 0,002$). На третю добу при пороговому рівні >5 балів значення AUROC становило 0,71 (95% ДІ 0,62-0,81; $p = 0,003$). Максимальна дискримінантна спроможність шкали відмічалась на шосту добу, де за порогового значення >5 балів AUROC досягав 0,81 (95% ДІ 0,73-0,89; $p < 0,001$), що свідчить про її високу прогностичну чутливість на пізнішому етапі післяопераційного періоду. Натомість найнижча прогностична точність спостерігалась при оцінюванні болю за FLACC >6 балів у першу добу після втручання. Паралельно було проаналізовано прогностичну цінність візуально-аналогової шкали болю (ВАШ). У першу добу після операції її дискримінантна здатність за порогового значення >4 балів становила AUROC 0,66 (95% ДІ 0,55-0,77; $p = 0,022$). На шосту добу після втручання при пороговому рівні >2 балів цей показник зростав до AUROC 0,77 (95% ДІ 0,68-0,86; $p < 0,001$). Важливо підкреслити, що саме оцінка гострого болю за ВАШ >2 балів на шосту добу продемонструвала найвищу прогностичну точність щодо розвитку хронічного болю, забезпечивши 100% чутливість

критерію (Табл. 1). Отже, результати дослідження свідчать про те, що оцінювання гострого болю за допомогою шкали FLACC може розглядатися як інформативний інструмент для раннього прогнозування розвитку хронічного больового синдрому у педіатричних пацієнтів після хірургічного лікування з приводу апендициту. Поєднання даних FLACC та ВАШ підсилює прогностичну модель і може бути інтегроване в клінічні алгоритми післяопераційного спостереження.

Результати аналізу продемонстрували, що діагностична модель оцінювання гострого болю за допомогою шкали FLACC у прогнозуванні розвитку хронічного больового синдрому у педіатричних пацієнтів після оперативних втручань з приводу гриж черевної стінки, крипторхізму, варикоцеле та гідроцеле характеризувалася середньою дискримінуючою здатністю у ранньому післяопераційному періоді. Зокрема, у першу добу після оперативного втручання при пороговому значенні >4 балів було отримано AUROC 0,68 (95%

ДІ 0,58-0,79; $p = 0,013$). На другу добу дискримінантна спроможність залишалася помірною: при пороговому значенні >3 балів AUROC становив 0,65 (95% ДІ 0,53-0,77; $p = 0,046$). Натомість на третю добу шкала FLACC не продемонструвала статистично значущої прогностичної цінності, що підтверджується AUROC 0,66 (95% ДІ 0,51-0,81) при $p > 0,05$.

Оцінювання гострого болю за допомогою візуально-аналогової шкали (ВАШ) у цій же когорті пацієнтів виявило відсутність прогностичної інформативності на першу добу після операції: значення AUROC становило 0,61 (95% ДІ 0,50-0,73) при $p > 0,05$. Водночас на другу добу модель на основі ВАШ продемонструвала середній рівень дискримінації ризику формування хронічного болю – AUROC 0,69 (95% ДІ 0,58-0,79; $p = 0,015$) при пороговому значенні >3 балів. Аналогічний рівень дискримінуючої здатності зберігався і на третю добу: AUROC 0,69 (95% ДІ 0,55-0,84; $p = 0,039$) за того самого порогового значення. Узагальнені показники наведено у Табл. 1.

Таблиця 1

	АПЕНДИЦИТ		ГРИЖІ, ВАРИКОЦЕЛЕ		
	1 ДОБА	6 ДОБА	1 ДОБА	2 ДОБА	3 ДОБА
FLACC	≥ 6 балів	≥ 3 бали	≥ 4 бали	≥ 4 бали	
ВАШ	≥ 7 балів	≥ 2 балів		≥ 3 бали	≥ 3 бали

Штучний інтелект може аналізувати великі набори даних для раннього виявлення дітей, схильних до ризику розвитку хронічного болю, допомагаючи лікарям персоналізувати лікування та профілактичні стратегії. ШІ також використовується для діагностики та менеджменту болю у дітей, наприклад, для оцінки болю за виразом обличчя або для поліпшення взаємодії між пацієнтом, сім'єю та лікарем. Моделі машинного навчання можуть прогнозувати виникнення хронічного болю, використовуючи різні дані пацієнта. З огляду на це для ШІ повинен бути заданий первинний алгоритм, який виглядав наступним чином:

1. Формування завдання в ШІ

У штучному інтелекті *Grok* було поставлено завдання: згенерувати код для простого веб-додатку (HTML), який дозволяє аналізувати ризик хронізації болю у дітей після певних оперативних втручань.

2. Основні вимоги до додатку

- Аналіз ризику хронізації болю з можливими результатами:
 - низький ризик,
 - середній ризик,
 - високий ризик.
- Перелік операцій: апендектомія, операції з приводу гриж, варикоцеле, гідроцеле тощо.
- Використання спеціальних показників та шкал для аналізу, розрахованих за формулами.
- Обов'язкові поля для введення вручну:
 - дата заповнення,
 - ПІБ пацієнта,
 - тип операції,
 - значення показників за шкалами.
- Можливість збереження введених даних у текстовий документ.

3. Генерація першої версії коду

Після створення чіткого пром프트 було отримано готовий код від ШІ. Однак при тестуванні виявлено

проблему: некоректне відображення результатів середнього ризику.

4. Корекція та вдосконалення

Для усунення помилок було сформовано повторний запит до ШІ з уточненням:

- необхідність коректної логіки визначення рівня ризику,
- додаткові побажання щодо дизайну (шрифти, кольори).

5. Друга версія коду

Після внесених змін було отримано оновлений код, але виявилася помилка під час збереження даних у текстовий документ. Проблему вирішили шляхом додаткової правки коду.

6. Фіналізація проєкту

Після другої правки додаток почав функціонувати належним чином – коректно аналізував дані та зберігав результати.

7. Тестування

Додаток було протестовано трьома анестезіологами. Кожен вводив власні дані пацієнтів для аналізу. Тестування підтвердило правильність роботи програми та досягнення поставлених цілей.

Таким чином, процес створення додатку складався з поетапної генерації, перевірки, виявлення помилок, внесення корекцій та фінального тестування, що забезпечило отримання працездатного інструменту.

Пацієнтам (діти або їх батьки/опікуни) на мобільний телефон надіслано HTML-файл, в якому вони працювали протягом спостереження. Дані вносились згідно заповнених шкал болю ВАШ, FLACC. Отриманий результат дав змогу спрогнозувати ймовірність виникнення хронічного післяопераційного болю. Нижче наводимо інтерфейс HTML-файлу із можливими варіантами прогнозування в залежності від ноцицептивної відповіді пацієнта на операційний чинник (Рис. 1-2).

Прогнозування хронічного больового синдрому у дітей, яким проведене оперативне втручання

Дата заповнення:
11.09.2025

ПІБ пацієнта:
A.8.

Операція:
Апендицит

Доба 1	Доба 1	Доба 1
FLACC: 6	FLACC: 4	FLACC: 5
Поведінкова шкала: 5	Поведінкова шкала: 4	Поведінкова шкала: 4
ВАШ: 5	ВАШ: 3	ВАШ: 5
Доба 6	Доба 6	Доба 6
FLACC: 5	FLACC: 2	FLACC: 1
Поведінкова шкала: 6	Поведінкова шкала: 2	Поведінкова шкала: 1
ВАШ: 6	ВАШ: 2	ВАШ: 1
Аналізувати	Аналізувати	Аналізувати
Зберегти як текст	Зберегти як текст	Зберегти як текст
Пацієнт: Не вказано Результат: Високий ризик хронізації болю.	Пацієнт: Не вказано Результат: Середній ризик хронізації болю.	Пацієнт: Не вказано Результат: Низький ризик хронізації болю.

Рис. 1 Варіанти прогнозування хронічного післяопераційного болю у дітей при апендиктоміях.

Прогнозування хронічного больового синдрому у дітей, яким проведене оперативне втручання

Дата заповнення:
11.09.2025

ПІБ пацієнта:
A.8.

Операція:
Апендицит

Доба 1	Доба 1	Доба 1
FLACC: 6	FLACC: 4	FLACC: 5
Поведінкова шкала: 5	Поведінкова шкала: 4	Поведінкова шкала: 4
ВАШ: 5	ВАШ: 3	ВАШ: 5
Доба 6	Доба 6	Доба 6
FLACC: 5	FLACC: 2	FLACC: 1
Поведінкова шкала: 6	Поведінкова шкала: 2	Поведінкова шкала: 1
ВАШ: 6	ВАШ: 2	ВАШ: 1
Аналізувати	Аналізувати	Аналізувати
Зберегти як текст	Зберегти як текст	Зберегти як текст
Пацієнт: Не вказано Результат: Високий ризик хронізації болю.	Пацієнт: Не вказано Результат: Середній ризик хронізації болю.	Пацієнт: Не вказано Результат: Низький ризик хронізації болю.

Рис. 2 Варіанти прогнозування хронічного післяопераційного болю у дітей при грижах, варикоцеле, гідроцеле.

Висновок

Найявні методи та засоби для оцінки гострого та хронічного болю зазвичай екстраполюються із дорослої практики. Шкали-опитувальники для оцінки болю в дитячій практиці не завжди об'єктивно підтверджують інтенсивність болю через вік дитини, когнітивні зміни пацієнта, суб'єктивне перебільшення/применшення батьками/опікунами больових відчуттів.

Швидкий розвиток цифрових технологій, у тому числі ШІ, дозволяє об'єктивізувати оцінку гострого післяопераційного болю та надає можливість прогнозування хронічного післяопераційного болю. Це дозволяє лікарям спостерігати за цими пацієнтами та здійснювати менеджмент болю на ранніх етапах формування хронічного больового синдрому.

Література:

1. Boulkedid R, Abdou AY, Desselas E, Monegat M, de Leeuw TG, Avez-Couturier J, et al. The research gap in chronic paediatric pain: A systematic review of randomised controlled trials. *Eur J Pain*. 2018;22(2):261-71. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejp.1137>. PMID: 29105908.
2. Chambers CT, Dol J, Tutelman PR, Langley CL, Parker JA, Cormier BT, et al. The prevalence of chronic pain in children and adolescents: a systematic review update and meta-analysis. *Pain*. 2024;165(10):2215-34. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000003267>. PMID: 38743558; PMCID: PMC11404345.
3. Cagliyan Turk A, Sahin F. Prevalence of juvenile fibromyalgia syndrome among children and adolescents and its relationship with academic success, depression and quality of life, Corum Province, Turkey. *Arch Rheumatol* 2020;35(1):68-77. DOI: <https://doi.org/10.5606/archrheumatol.2020.7458>. PMID: 32637922; PMCID: PMC7322312.
4. Dobrovanov O, Dmytriiev D, Prochotsky A, Vidiscak M, Furkova K. Chronic pain in post-COVID syndrome. *Bratisl Lek Listy*. 2023;124(2):97-103. DOI: https://doi.org/10.4149/bl_2023_014. PMID: 36598294.
5. Vadivelu N, Kai AM, Kodumudi G, Babayan K, Fontes M, Burg MM. Pain and Psychology-A Reciprocal Relationship. *Ochsner J*. 2017;17(2):173-80. PMID: 28638291; PMCID: PMC5472077.
6. Hooten, WM. Chronic Pain and Mental Health Disorders; Shared Neural Mechanisms, Epidemiology, and Treatment. *Mayo Clin Proc*. 2016;91(7):955. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.04.029>. PMID: 27344405.
7. Kang Y, Trewern L, Jackman J, McCartney D, Soni A. Chronic pain: definitions and diagnosis. *BMJ*. 2023;381: e076036. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-076036>. PMID: 37369384.
8. Dobrovanov O, Dmytriiev D, Prochotsky A, Vidiscak M, Furkova K. Pain in COVID-19: Quis est culpa? *Electronic J Gen Med*. 2023;20(1): m435 DOI: <https://doi.org/10.29333/ejgm/12672>.
9. Lisnyy I, Zakalska O, Dmytriiev D, Dmytriiev K, Dobrovanov O. Pre-emptive analgesia with nonsteroidal anti-inflammatory drugs randomized, double-blind placebo-controlled study. *Lekarsky Obzor*. 2021;70(5):195-202.
10. Walters CB, Kynes JM, Sobey J, Chimhundu-Sithole T, McQueen KAK. Chronic Pediatric Pain in Low- and Middle-Income Countries. *Children (Basel)*. 2018;5(9):113. DOI: <https://doi.org/10.3390/children5090113>
11. Fischer S, Vinnal J, Pavlova M, Graham S, Jordan A, Chorney J, et al. Role of anxiety in young childrens pain memory development after surgery. *Pain* 2019;160:965-72. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001473>. PMID: 30586022.
12. Menes Fernandez L, Salvat I, Adillon C. Expressed Beliefs about the Cause of Pain in a Pediatric Population: A Qualitative Study. *Children*. 2023;10(6):1007. DOI: <https://doi.org/10.3390/children10061007>. PMID: 37371238; PMCID: PMC10296915.
13. Eccleston C, Fisher E, Cooper TE, Gregoire M-C, Heathcote LC, Krane E, et al. Pharmacological interventions for chronic pain in children: an overview of systematic reviews. *Pain*. 2019;160(8):1698-707. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001609>. PMID: 31335640.
14. Vittori A, Cascella M. AI for chronic pain in children: a powerful resource. *BMC Pediatr*. 2025 May 30;25(1):433. doi: 10.1186/s12887-025-05796-1. PMID: 40442702; PMCID: PMC12123758.
15. O'Connell N. Clinical management in an evidence vacuum: Pharmacological management of children with persistent pain. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;6(ED): ED000135. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.ed000135>. PMID: 31390043; PMCID: PMC10284319.
16. Neville A, Jordan A, Pincus T, Nania C, Schulte F, Yeates KO, et al. Diagnostic uncertainty in pediatric chronic pain: nature, prevalence, and consequences. *Pain Rep*. 2020;5(6): e871. DOI: <https://doi.org/10.1097/pr9.0000000000000871>. PMID: 33251472; PMCID: PMC7690765.
17. Charles G, Chery M, Channell MK. Chronic abdominal pain: Tips for the primary care provider. *Osteopathic Family Physician*. 2019;11(1):20-6.
18. Bruehl S, Apkarian AV, Ballantyne JC, Berger A, Borsook D, Chen WG, et al. Personalized medicine and opioid analgesic prescribing for chronic pain: opportunities and challenges. *J Pain*. 2013;14(2):103-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2012.10.016>. PMID: 23374939; PMCID: PMC3564046.
19. Claus BB, Stahlschmidt L, Dunford E, Major J, Harbeck-Weber C, Bhandari RP, et al. Intensive interdisciplinary pain treatment for children and adolescents with chronic noncancer pain: a preregistered systematic review and individual patient data meta-analysis. *Pain*. 2022;163:2281-301. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002636>. PMID: 35297804.
20. Hashimoto DA, Witkowski E, Gao L, Meireles O, Rosman G. Artificial intelligence in anesthesiology: current techniques, clinical applications, and limitations. *Anesthesiology*. 2020;132(2):379-94. DOI: <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000002960>. PMID: 31939856; PMCID: PMC7643051.
21. Jagannathan N, Asai T. Difficult airway management: children are different from adults, and neonates are different from children! *Br J Anaesth*. 2021;126(6):1086-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.03.012>. PMID: 33867047.
22. Waisel DB. Vulnerable populations in healthcare. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2013;26(2):186-92. DOI: <https://doi.org/10.1097/aco.0b013e32835e8c17>. PMID: 23385323.
23. World Health Organization. Guidelines on the management of chronic pain in children [Internet]. Geneva: WHO; 2020[cited 2025 Sep 9]. 40p. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240017870>
24. Pate JT, Blount RL, Cohen LL, Smith AJ. Childhood Medical Experience and Temperament as Predictors of Adult Functioning in Medical Situations. *Children's Health Care*. 1996;25(4):281-98. DOI: https://doi.org/10.1207/s15326888chc2504_4
25. Fang J, Wu W, Liu J, Zhang S. Deep learning-guided postoperative pain assessment in children. *Pain*. 2023;164(9):2029-35. DOI: <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002900>. PMID: 37146182; PMCID: PMC10436358.

26. Beltramini A, Milojevic K, Pateron D. Pain Assessment in Newborns, Infants, and Children. *Pediatr Ann.* 2017;46: e387-e395. DOI: <https://doi.org/10.3928/19382359-20170921-03>. PMID: 29019634.

27. Міністерства охорони здоров'я України. Про затвердження Протоколів лікування дітей зі спеціальності «Дитяча хірургія». Наказ МОЗ України N 88-Адм від 30.03.2004 року.[Інтернет]. Київ; 2004[оновлено 2010 Лют 18; цитовано 2025 Вер 4]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v088a282-04#Text>

DIGITAL TECHNOLOGIES AS A MODERN TOOL FOR THE DIAGNOSIS AND PREDICTION OF CHRONIC POSTSURGICAL PAIN

Ya. V. Semkovych

Chief Medical Officer of the Municipal Non-Profit Enterprise «Ivano-Frankivsk Regional Children's Clinical Hospital of the Ivano-Frankivsk Regional Council»

Summary.

Chronic pain in children represents a significant global public health concern and is among the leading causes of morbidity in the paediatric population. It is defined as pain persisting or recurring for longer than three months and is classified as primary (occurring independently of any identifiable biological or psychological contributing factor) or secondary (associated with a clearly established underlying aetiology). Adequate postoperative analgesia is crucial for children's recovery and requires accurate pain assessment. Although digital technologies, including artificial intelligence (AI), are increasingly employed to assess pain through analysis of facial expressions, body movements, and vocalisations, evidence regarding their effectiveness in the management of postsurgical pain in children remains limited.

Aim: to propose a modern digital tool for predicting chronic postsurgical pain in children.

Materials and Methods. A total of 205 children who underwent surgery for appendicitis, hernia, varicocele, or hydrocele and presented with acute or chronic pain were examined and treated. Group 1 included 114 children, who underwent surgery for appendicitis (subgroup 1A – 83 children with acute postoperative pain; subgroup 1B – 31 children with acute postoperative pain who were diagnosed with signs of chronic pain after three and six months). The second group included 91 children, who underwent surgery for abdominal wall hernias, cryptorchidism, varicocele, and hydrocele (subgroup 2A – 61 children with acute postoperative pain; subgroup 2B – 30 children with acute postoperative pain who were diagnosed with signs of chronic pain after three and six months).

The quality of pain relief and the presence of acute pain were assessed using a visual analogue scale (VAS) and the FLACC scale (face, legs in bed, activity, crying, emotional state). VAS and FLACC scores were determined from the first to the sixth day in all children. Symptoms of chronic pain were assessed using the DN4 and LANSS questionnaires three and six months after surgery. All clinical and laboratory studies were conducted in accordance with the World Medical Association's Declaration of Helsinki, 'Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects.'

This work is part of the research work of the Department of Paediatrics of Postgraduate Education of the Ivano-Frankivsk National Medical University on the topic: 'Health status and adaptation characteristics of children with somatic diseases in the Carpathian region, their prevention' (state registration number 0121U111129, completion date 2021-2026).

Results and Discussion. The prognostic utility of acute pain assessment scales (VAS, FLACC) in predicting the development of chronic pain (DN4, LANSS) was evaluated in children three months after appendectomy or surgery for abdominal wall hernia, cryptorchidism, varicocele, and hydrocele. The discriminative ability of the pain scales was assessed on postoperative days 1, 3, and 6, and a predictive algorithm for chronic pain was developed. An AI-based HTML application was developed to identify children at risk of chronic pain in the postoperative period.

Conclusion. Rapid advances in digital technologies, including AI, enable objective assessment of acute postsurgical pain and facilitate its prediction. This approach allows clinicians to closely monitor patients and implement early interventions aimed at preventing the development of chronic pain syndrome.

Keywords: Artificial Intelligence; Child; Pain Scale; Postsurgical Pain.

Контактна інформація:

Семкович Ярослав Васильович – медичний директор КНП «Івано-Франківська обласна дитяча клінічна лікарня», д.мед.н., професор кафедри медицини катастроф та військової медицини Івано-Франківського національного медичного університету (м. Івано-Франківськ, Україна)

e-mail: semkovych.doc@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8319-022X>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57853725600>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/AAY-7049-2020>

Contact Information:

Yaroslav Semkovych – medical director of Communal Non-Profit Enterprise «Ivano-Frankivsk Regional Children's Clinical Hospital of Ivano-Frankivsk Regional Council», Ivano-Frankivsk, Ukraine. Doctor of Medical Sciences professor Ivano-Frankivsk national medical university

e-mail: semkovych.doc@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8319-022X>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57853725600>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/AAY-7049-2020>



Надійшло до редакції 28.09.2025 р.
Підписано до друку 27.11.2025 р.