



«Роботизовані технології у сучасній медицині: клінічне застосування, проблеми та виклики. Клінічні, економічні та етичні особливості застосування роботичних систем у медицині. Реалії та перспективи застосування роботичних систем в Україні. Перспективи використання роботизованих систем у медицині майбутнього»

Доц.Форманчук А.М.

2025

Слайд 2. Вступ

Роботизація охорони здоров'я — не просто технологічна новація, а стратегічна трансформація медичної практики.

■ Вона спрямована на підвищення точності, відтворюваності та безпеки процедур.

■ Роботи сьогодні не лише асистують лікарю, а й розширюють його можливості.

■ Основна мета: підвищення якості медичної допомоги при одночасному зниженні ризиків для пацієнта.

Слайд 3. Класифікація медичних роботів



1. Хірургічні роботи

системи, що допомагають виконувати складні операції з високою точністю (Da Vinci, Versius).



4. Сервісні

допоміжні механізми для логістики, дезінфекції, транспортування матеріалів.



2. Діагностичні

автономні або напівавтоматичні пристрої для проведення біопсій, ендоскопій, ангиографій.



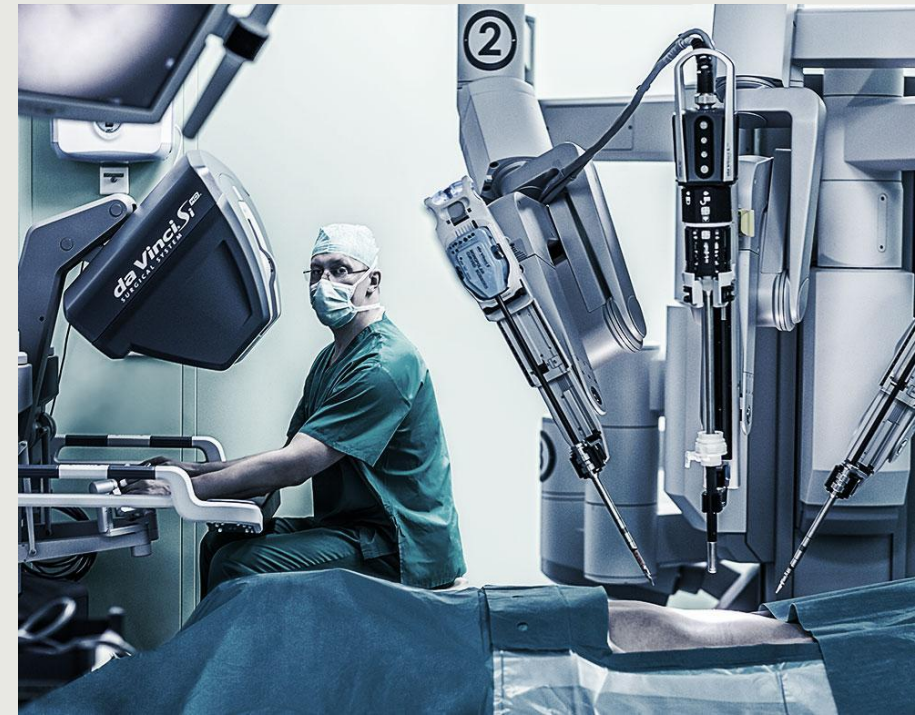
5. Телемедичні

платформи для дистанційної взаємодії лікаря з пацієнтом через роботизовані інтерфейси.



3. Реабілітаційні

екзоскелети, роботизовані тренажери, системи відновлення рухових функцій.



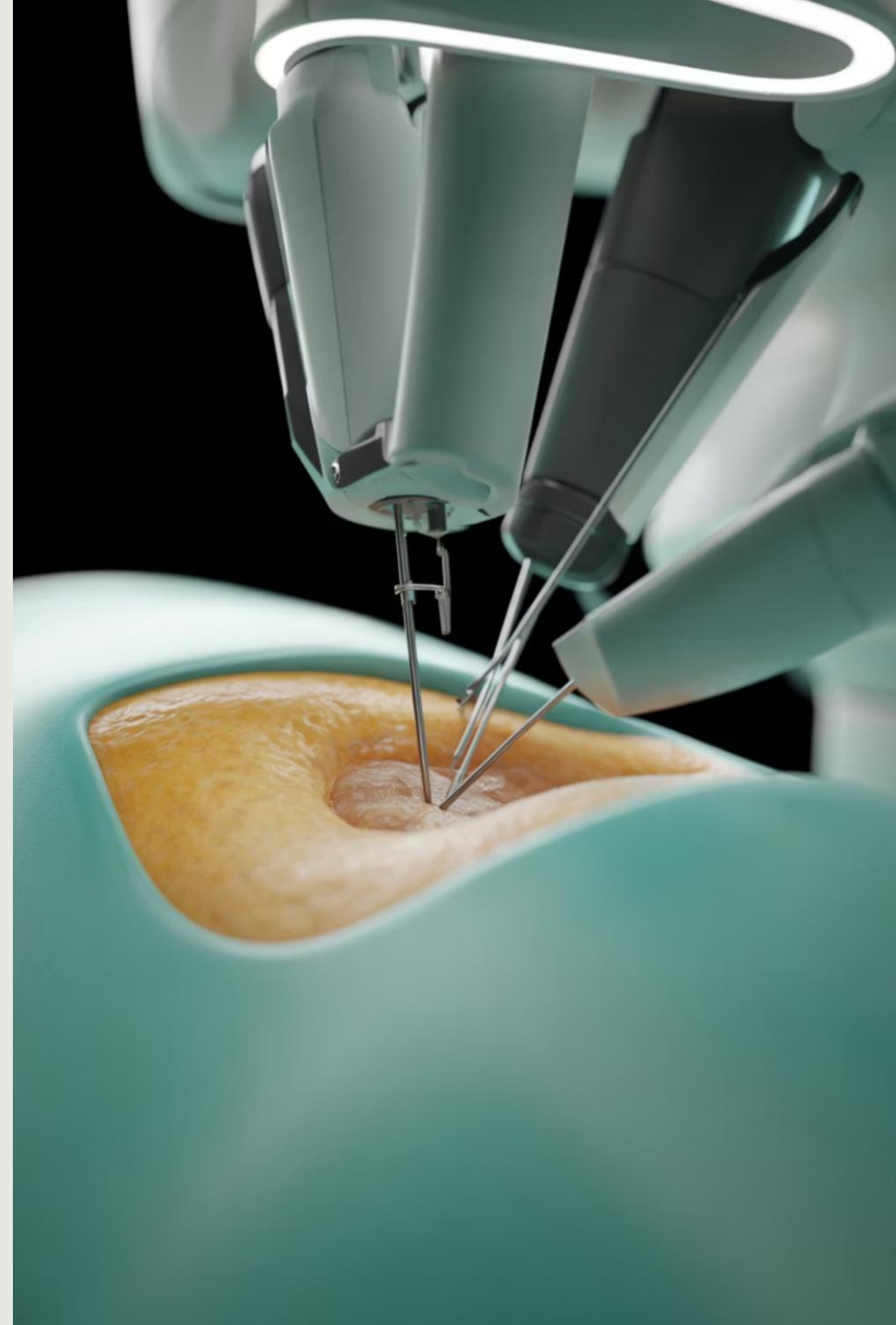
Слайд 4. Історія розвитку роботизованої хірургії



Розвиток триває у напрямку автономності та аналітичної підтримки рішень хірурга.

Слайд 5. Клінічні переваги роботизованої хірургії

- Надвисока точність рухів (до 0,1 мм).
- Усунення людського тремору.
- 3D-візуалізація з 10-кратним збільшенням.
- Менша травматизація та крововтрата.
- Коротший післяопераційний період і менший біль.
- Кращий косметичний результат та швидше повернення до активності.



Слайд 6. Галузі застосування

Урологія:

радикальна простатектомія, часткова нефректомія.

Гінекологія:

гістеректомія, міомектомія, ендометріоз.

Кардіохірургія:

шунтування, пластика клапанів, резекції пухлин серця.

Торакальна хірургія:

лобектомія, тимектомія.

Нейрохірургія:

стереотаксичні втручання, імплантація електродів.

Ортопедія:

ендопротезування, спінальні втручання.

Слайд 7. Роботи в діагностиці



Роботизовані ендоскопи

з автономною навігацією у травному тракті.



Роботи для біопсії

під контролем МРТ або КТ.



AI-аналіз зображень:

автоматичне виявлення патологій, формування діагностичних алгоритмів.



Лабораторна автоматизація:

роботи для сортування проб, нанесення реактивів, мікроскопії.



Слайд 8. Роботи в реабілітації

- Екзоскелети для відновлення ходи після інсультів або травм.
- Інтерактивні роботизовані тренажери для верхніх і нижніх кінцівок.
- Сенсорний біофідбек — пацієнт бачить у реальному часі результати своїх зусиль.
- Розробка індивідуальних програм на основі машинного навчання.

Такі технології значно скорочують час відновлення і підвищують мотивацію пацієнта.

Слайд 9. Роботи в лікарняній логістиці



Автоматизовані роботи-транспортери

для доставки медикаментів, стерильних інструментів.



Системи дезінфекції

приміщень за допомогою ультрафіолету.



Роботи-помічники

у палатах інтенсивної терапії.



Зниження контакту

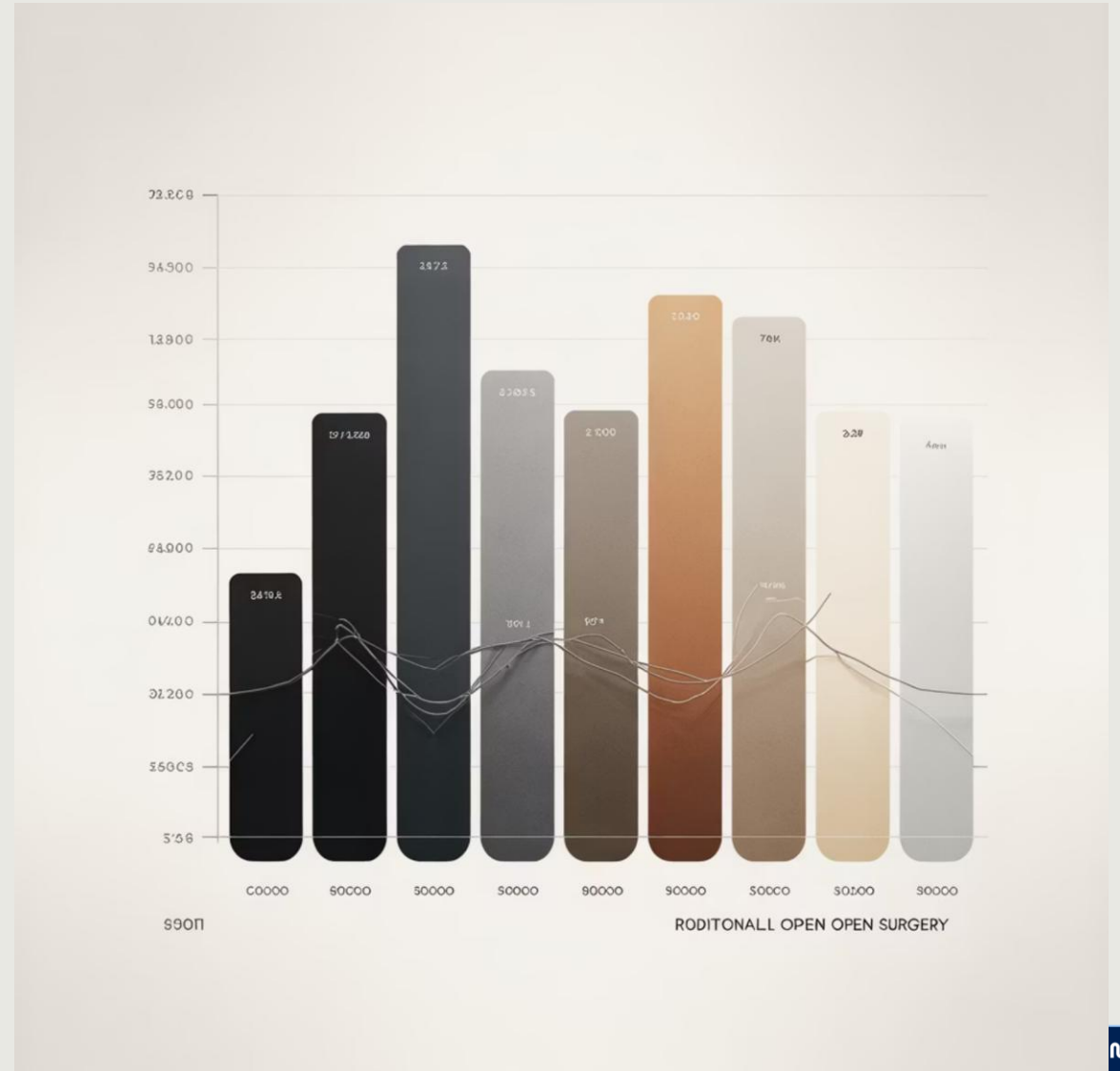
персоналу з інфекційними агентами.

Приклад — роботи TUG, Хепех, Мохі у лікарнях США та Європи.

Наукові докази клінічної ефективності

Багатоцентрові дослідження підтверджують зменшення крововтрати та часу госпіталізації.

- У урології — нижча частота ускладнень при простатектомії.
- У гінекології — менший післяопераційний біль і швидше відновлення.



Підготовка хірургів для роботизованих систем



Симуляторна підготовка

Повноцінна підготовка вимагає 20–30 годин роботи на симуляторі.



Сертифікація

Сертифікація операторів та команд — обов'язкова умова безпеки.



Програми “proctoring”

Впроваджуються програми “proctoring” — супровід перших операцій досвідченим наставником.



Розвиток VR-тренажерів

Розвиток VR-тренажерів для віртуальної підготовки хірургів.



REDUNDANT-
POEVCHT.

OLEOECIDTIE
PCOMIEAS.

Слайд 13. Безпека пацієнта

Забезпечення безпеки пацієнта

Дублювання критичних систем

Дублювання критичних систем (живлення, управління).

Миттєвий перехід

Можливість миттєвого переходу на ручне управління.

Автоматичне блокування

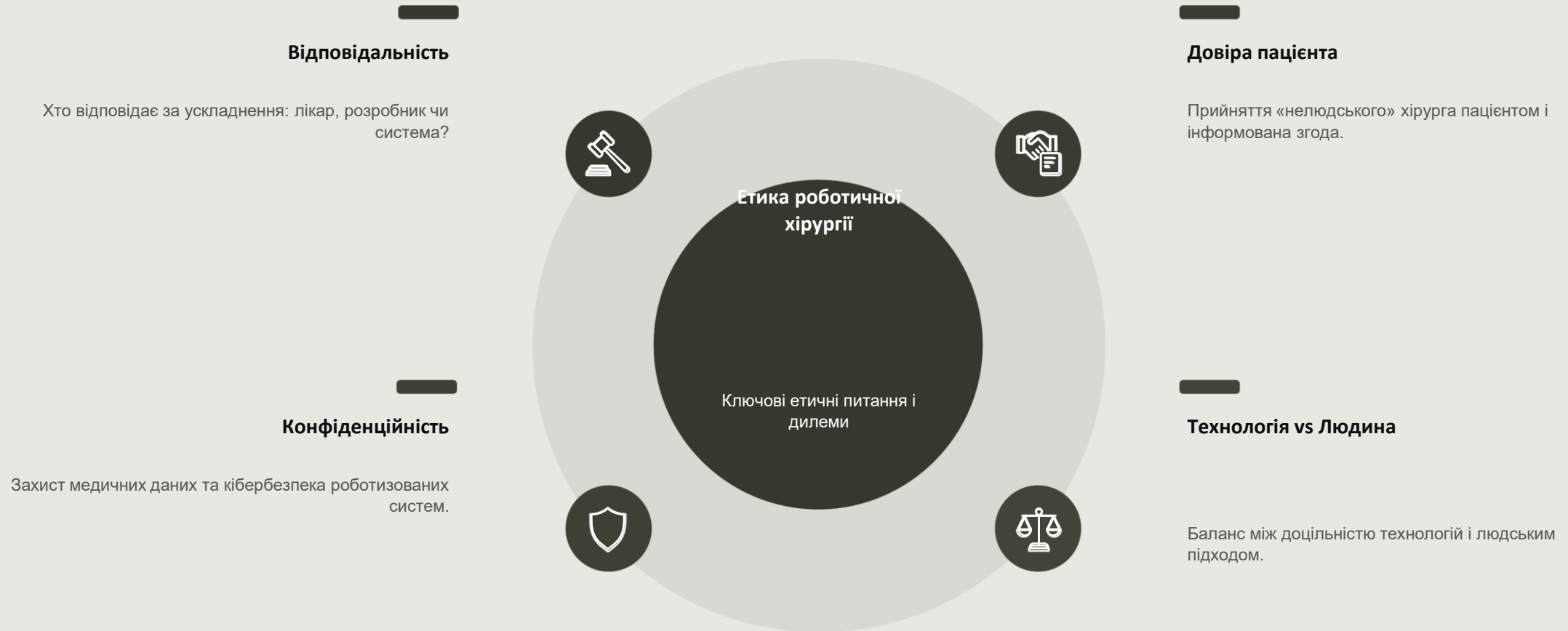
Автоматичне блокування при помилках чи втраті сигналу.

Логування дій

Логування усіх дій для подальшого аудиту.

📄 Безпека — ключовий параметр, який регулюється міжнародними стандартами (FDA, ISO 13485).

Етичні дилеми роботизованої хірургії



- Відповідальність за ускладнення: лікар, розробник чи система?
- Довіра пацієнта до «нелюдського» хірурга.
- Конфіденційність даних і кіберзахист.

Соціальні наслідки впровадження робототехніки



Підвищення престижу

Підвищення престижу клінік, що впроваджують робототехніку.



Розрив між центрами

Розрив між центрами з різним рівнем фінансування.



Доступність технологій

Питання доступності технологій у країнах із низьким ВВП.



Державні програми

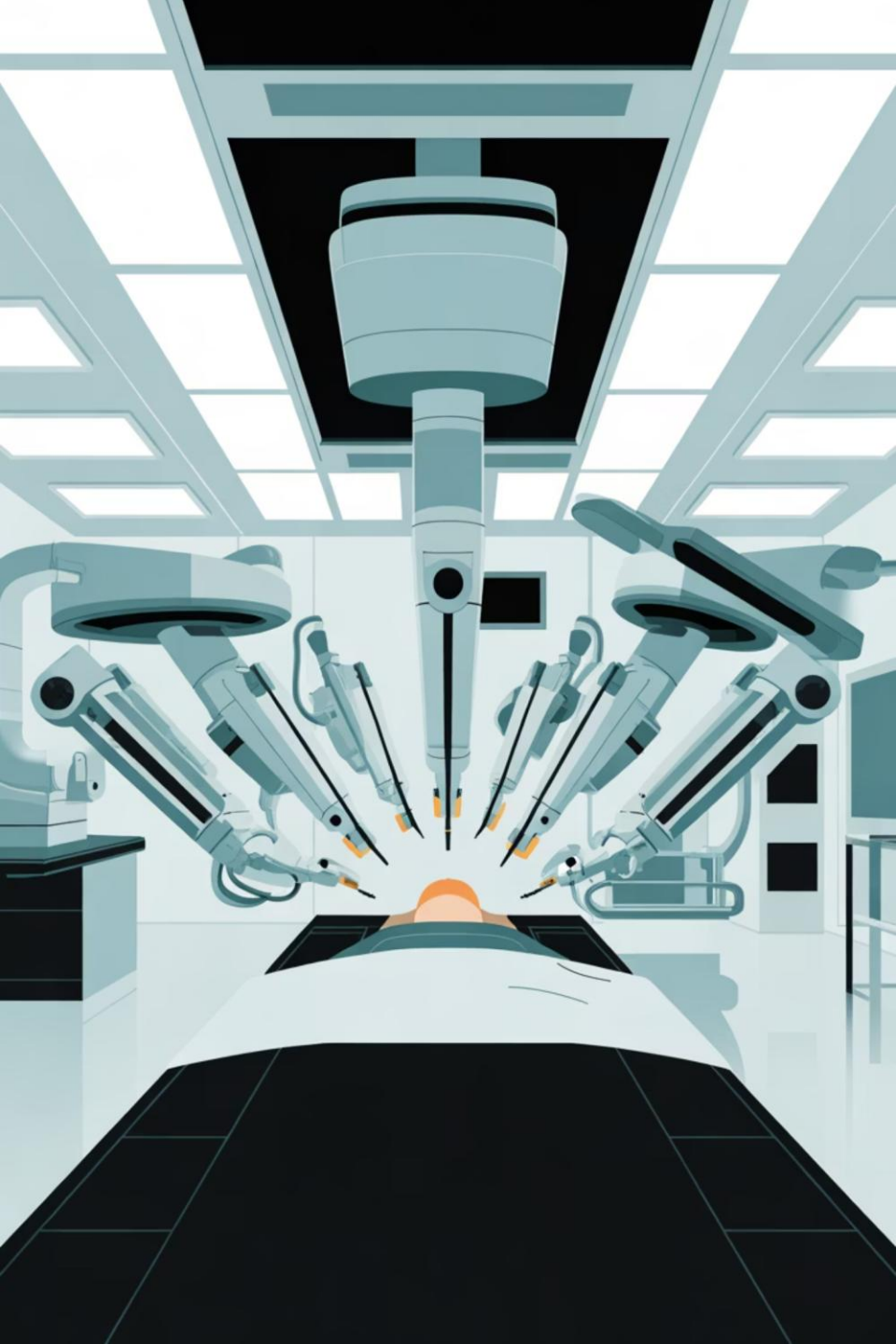
Потреба в державних програмах компенсації та лізингу роботизованих систем.



Інтеграція Штучного Інтелекту в хірургію

- Сучасні системи вже мають алгоритми розпізнавання тканин, судин, пухлин.
- AI допомагає у плануванні траєкторій руху та попередженні помилок.
- Розробляються “підказуючі” системи, які радять хірургу наступний крок.
- У майбутньому можливі напівавтомні втручання під наглядом людини.





Роботизована хірургія: огляд сучасних платформ

Коротке введення для медичних фахівців та студентів: огляд провідних роботичних платформ, їх клінічних застосувань, технічних особливостей, переваг і обмежень. Мета — порівняти системи, підкреслити клінічну користь і практичні виклики впровадження в ОР.

da Vinci Surgical System (Intuitive Surgical)



Короткий опис

Найпоширеніша платформа для мінімально інвазивних втручань; складається з консолі хірурга, візуального блоку і пацієнтської платформи з маніпуляторами.

Переваги: висока точність, менша крововтрата, швидша реабілітація. Обмеження: висока вартість, витратні матеріали, потреба в сертифікованому навчанні.



Ключові особливості

3D-HD візуалізація, мультисуглобові інструменти, масштабування рухів, гасіння тремору.



Клінічні застосування

Урологія (радикальні простатектомії), гінекологія, загальна і торакальна хірургія; в окремих випадках — кардіохірургія.

Hugo™ RAS (Medtronic)



Опис платформи

Модульна система з окремими візками-маніпуляторами та відкритою консоллю; орієнтована на гнучкість розміщення в ОР та інтеграцію з аналітикою.

Технічні акценти

- Модульні візки — різні конфігурації для мульти-квADRANTНИХ втручань
- Відкритий пульт — покращена комунікація в бригаді
- Інтеграція симуляторів для навчання



Versius (CMR Surgical)



Дизайн та мобільність

Компактні bedside-units, малий слід у ОР, швидке розгортання між кімнатами.



Керування та ергономіка

Відкритий пульт із джойстиковими контролерами; підтримка сидячої або стоячої позиції хірурга



Клінічне охоплення

Застосовується у загальній хірургії, гінекології, урології та торакальній хірургії; розширення у педіатрії.

Переваги: гнучкість розгортання, економія простору. Обмеження: логістика позиціонування кількох блоків; ще формується доказова база.

MAKO SmartRobotics (Stryker) — ортопедичний робот



Призначення

Роботизований помічник для ендопротезування кульшового і колінного суглобів; поєднання КТ-планування і робот-керованого різця з гаптичною зупинкою.

Технічні особливості

- 3D-моделювання анатомії пацієнта на основі КТ
- Інтраопераційна корекція плану
- AccuStop — тактильні межі для безпечних розпилів

Переваги: точніше положення імплантатів, репродукбельність розпилів, покращена функція. Обмеження: потреба в протоколах КТ та попередньому плануванні.



CyberKnife® System (Accuray) — роботизована променева терапія

Короткий опис

Робото-маніпулятор лінійного прискорювача для SRS/SBRT з системами трекінгу руху пацієнта.

Клінічні покази

Первинні та метастатичні пухлини мозку, пухлини легень та інші вогнища, що потребують субміліметрової точності.

Технічні переваги

Багатопозиційна геометрія променю, respiratory tracking, персоналізовані плани дози.

Переваги: висока точність, немає інвазивності, короткі курси лікування. Обмеження: потреба в мультидисциплінарній команді, інфраструктура QA і планування.

Майбутнє роботизованої медицини

Мініатюризація та гнучкість

Мініатюризація механізмів і гнучкі матеріали.

Нанороботи

Нанороботи для цільової доставки ліків.

Біоінтеграція

Біоінтегровані роботи з живими сенсорними тканинами.

Екстремальні умови

Роботика для космічної медицини та віддалених регіонів.

Синергія технологій

Синергія AI, 3D-друку та нейроінтерфейсів.

Ключові аспекти впровадження

Регуляторні та етичні питання

- Уніфікація клінічних протоколів і сертифікацій.
- Кібербезпека — захист від зовнішнього втручання.
- Баланс між автоматизацією і контролем людини.
- Правове врегулювання автономних дій робота.
- Необхідність адаптації медичної освіти до нових технологій.

Філософія роботизованої медицини

Роботизована медицина — не заміна лікаря, а розширення його можливостей.

Технології вже довели ефективність у провідних галузях хірургії.

Важливо забезпечити доступність, безпеку та етичність впровадження.

Майбутнє медицини — співпраця людини, технології та розумної автоматизації.

Перші кроки роботизації

Етап впровадження

В Україні роботизовані системи поки що на етапі впровадження.

Перша система Da Vinci

Перша система **Da Vinci** встановлена у Києві (Національний інститут раку, 2021 р.).

Приватні клініки

Операції виконуються також у приватних клініках («Оберіг», «Добробут»).

Основні напрями

Основні напрями — урологія, гінекологія, хірургія.

Обсяг втручань

Кількість роботизованих втручань у 2024 р. оцінюється у кілька сотень на рік.

Ознаки прогресу



Інтерес до освіти

Зростає інтерес університетів і медичних інститутів до симуляційної освіти.



Міжнародне стажування

Українські хірурги проходять стажування за кордоном (Польща, Німеччина, Італія).



Навчальні програми

Починають діяти навчальні програми з роботизованої хірургії на базі провідних клінік.



Вітчизняні стартапи

З'являються вітчизняні стартапи у сфері медичної робототехніки (сервісні, реабілітаційні, протезні системи).



Попит на телемедицину

Після 2022 р. — попит на технології дистанційного лікування та телемедицини.

Дякую за увагу!