

Інтеграція технологій змішаної реальності у методикку ендопротезування кульшового суглоба

Зубков О.С.¹✉, Торчинський В.П.¹

Резюме. Актуальність. Ця стаття присвячена аналізу застосування технології змішаної реальності в тотальному ендопротезуванні кульшового суглоба. Актуальність дослідження визначена зростаючою потребою у підвищенні точності та безпеки хірургічних втручань, що забезпечують відновлення функцій суглоба та поліпшення якості життя пацієнтів. Мета дослідження. Робота зосереджена на розробці та клінічній апробації навігаційної системи, заснованої на змішаній реальності, для позиціонування ацетабулярного компонента ендопротеза. **Матеріали і методи.** Дослідження включають симуляційне моделювання та доклінічні випробування на фантомних моделях, що демонструють значні переваги застосування розробленої системи порівняно з традиційними методами. **Результати.** Основні результати дослідження показали значне зниження середнього та максимального відхилення кутів розташування імплантатів, що свідчить про підвищення точності та потенційну здатність зменшити ризик післяопераційних ускладнень. **Висновки.** Дослідження підкреслюють потенціал інтеграції технологій змішаної реальності в ортопедичну хірургію, зокрема, у процедури тотального ендопротезування кульшового суглоба, сприяючи розвитку більш ефективних та безпечних хірургічних методик.

Ключові слова: кульшовий суглоб, тотальне ендопротезування, передопераційне планування, комп'ютерна навігація, змішана реальність.

Вступ

Сучасна травматологія та ортопедія акцентує на собі розробку та впровадження ефективних хірургічних методів лікування пацієнтів, які стикаються з захворюваннями та травмами кульшового суглоба. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, до 2050 року майже у двадцять п'яти відсотків населення буде діагностовано захворювання кісток і суглобів [1]. Тотальне ендопротезування кульшового суглоба, на думку багатьох науковців це операція століття, для лікування на пізній стадії захворювання.[2] Ця хірургічна процедура спрямована на відновлення функцій суглоба, поліпшення якості життя, а в контексті працездатного населення – на підтримання працездатності [3]. Операцію проводять майже у всіх вікових групах, починаючи від підлітків і закінчуючи пацієнтами похилого віку [4].

Коректне розташування ацетабулярного та стегового компонентів, має визначальне значення для досягнення оптимальних післяопераційних

результатів у тотальному ендопротезуванні кульшового суглоба (ТЕКС). Неправильне положення імпланту може призвести до серйозних ускладнень в короткостроковій перспективі, зокрема вивиху, який може спричинити конфлікт імплантату, а в довгостроковій перспективі може вплинути на знос та руйнування вкладиша, а також на стабільність імпланту. Забезпечення правильного положення імпланту важливо не лише для уникнення можливих ускладнень, але й для забезпечення тривалої та стійкої ефективності тотального ендопротезування. Врахування анатомічних особливостей кожного пацієнта та врахування оптимального розташування імпланту відіграє ключову роль у запобіганні можливих ускладнень та підвищенні якості життя пацієнта після операції. Отже, необхідно наголосити, що дотримання принципів правильного розташування імплантату є обов'язковим етапом у хірургічному втручанні з тотального ендопротезування кульшового суглоба, спрямованому на досягнення оптимальних та стабільних результатів у післяопераційному періоді.

Однак дані літератури свідчать про те, що існує багато помилок, пов'язаних із технікою встановлення ацетабулярних компонентів «від руки» [5].

✉Зубков О.С., azubik778@gmail.com

¹ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ, Україна

Так Каллаган та ін. повідомили, що лише 47% чашок були оптимально розташовані як під кутом нахилу (30° – 45°), так і під кутом антеверсії (5° – 25°)[6].

Введення комп'ютерної навігації в процедуру ендопротезування може значно збільшити прецизійність хірургічних втручань, підвищуючи їх ефективність. Традиційні методи комп'ютерної навігації, які використовують двовимірні (2D) дисплеї для візуалізації хірургічних даних, можуть бути інтуїтивно не зрозумілими і спричиняти складнощі у координації дій рук та очей, а також у сприйнятті глибини зображення. Однак, технологія змішаної реальності пропонує рішення цих викликів, оскільки вона дозволяє проєціювати тривимірну (3D) інформацію безпосередньо у фізичний простір, сприяючи більш ефективному інтраопераційному навігаційному процесу. На відміну від технологій віртуальної реальності, що створюють повністю віртуальне середовище, ізоляцію від реального світу, MR доповнює реальний простір віртуальними даними, забезпечуючи хірургам інтуїтивно зрозуміле керівництво без приховування основного оперативного поля. Такий підхід зокрема корисний у високочутливих сферах, таких як хірургія, де безпека та ефективність процедури є пріоритетом. Сучасні розробки у сфері MR-пристроїв, такі як гарнітури Microsoft HoloLens 2 від Microsoft Inc., що є автономними голографічними комп'ютерами з можливістю прозорого оптичного відображення та самостійного відстеження, роблять MR технологію легкодоступною для різноманітних хірургічних завдань. Оскільки ці пристрої не вимагають додаткового обладнання для відтворення інформації, вони зручні у налаштуванні та інтеграції в хірургічні процедури.

Ця система використовує камеру та датчики для нанесення комп'ютером попередньо згенерованих зображень або інформації з передопераційного планування на тіло пацієнта.(рис. 1) Данна технологія відносно недавно отримала визнання в ортопедичній хірургії і успішно використовується в різних галузях ортопедії.[7,8]. У даній системі хірург має можливість переглядати 3d зображення передопераційного планування(кут нахилу та антеверсії, місце розташування компонента), а також сусідні анатомічні структури безпосередньо в хірургічному полі через прозорі лінзи окулярів змішаної реальності.

Таким чином гіпотеза нашого дослідження полягала в тому щоб, розробити інноваційну систему навігації для позиціонування ацетабулярного компонента ендопротеза, використовуючи технологію змішаної реальності (MR). По досягненню прийняттого рівня надійності та простоти використання в лабораторних умовах, що робить її

оптимальною для повсякденного застосування, ми плануємо випробувати нашу розробку в клінічній практиці. Це відкриє перспективи для подальшого впровадження в рутинну медичну практику та забезпечить інструмент для вдосконалення ефективності та точності в проведенні ендопротезування кульшового суглоба.

Матеріали і методи

Розробка навігаційної системи на основі змішаної реальності

Наша навігаційна система складається з 2-х основних комплексів: Т-подібної планки, корпус якої має три регулюючих ніжки, які виставляються на реєстраційні точки передньої тазової площини. Висота та ширина регулюються відповідно до розмірів тазу визначених під час передопераційного планування (рис. 1). Пристрій розташовують на шкірі, для уникнення похибки через товщину м'яких тканин, ми виконували заміри товщини м'яких тканин у місці реєстраційних точок на КТ даних та за допомогою УЗД діагностики безпосередньо перед оперативним втручанням. Враховуючи дані ми можемо регулювати висоту опорних ніжок відповідно отриманим результатам замірів. Ніжки які встановлюються на *spina iliaca anterior superior*, мають знизу спеціальні блоки з отворами для пінів, які фіксують блок з іпсилатеральної сторони на *spina iliaca anterior superior*. Після цього Т-подібна конструкція забирається, а на блок фіксується магнітний перехідник-тримач для таргетованого зображення(маркера). Ми використовували MR на основі маркерів, оскільки цей метод є найбільш поширеним і точним для різних доступних типів змішаної реальності.

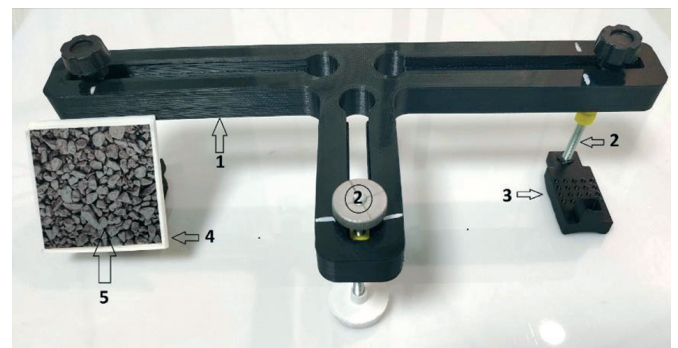


Рис. 1. 1. Т-подібна планка, 2. Регульовані опорні ніжки, 3. Спеціальний блок з отворами для пінів, 4. Тримач таргетованого маркера, 5. Таргетований маркер.

Друга складова навігації це HoloLens 2 (HoloLens®, Microsoft, Редмонд, Вашингтон).

Гарнітури змішаної реальності використовують прозорі екрани та світловідбиваючі лінзи, щоб цифрова інформація накладалася на реальний світ у полі зору користувача. Вони «збільшують» бачення користувача, зберігаючи відчуття реального світу. Гарнітура HoloLens 2 є однією з таких систем і може відстежувати рухи рук відносно своїх вбудованих камер.

Основний механізм змішаної реальності на основі маркерів збігається із традиційною інфрачервоною оптичною навігаційною системою. Початково формуються відносні координати від камери, після чого відбувається розпізнавання маркерів, що в результаті відображає тривимірну модель. Відмінність полягає в тому, що, в той час як інфрачервоні оптичні навігаційні системи використовують інфрачервоне випромінювання для розпізнавання відбивних куль чи інфрачервоних маркерів за допомогою спеціальних інфрачервоних камер [10], технологія змішаної реальності використовує видиме світло для розпізнавання візерунків, відомих як маркери, за допомогою звичайних камер.

Цей метод взаємодії забезпечує досить ефективне поєднання віртуального та фізичного світу, використовуючи доступні оптичні засоби без необхідності в спеціалізованому обладнанні.

Інструмент, розроблений у цьому дослідженні, використовує 3D-голограми, реконструйовані за

допомогою процесів сегментації з КТ обстеження.

Ми використовували наступний алгоритм дії: отримані КТ знімки пацієнтів ми обробляли за допомогою 3D Slicer, який широко використовується для візуалізації та аналізу медичних зображень [9]. Це безкоштовне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом пропонує ряд можливостей для хірургічного планування, інтраопераційного керівництва та клінічних досліджень. Після сегментації 3D моделі в програмі 3D Slicer, вихідний матеріал за допомогою платформи Unity ми програмуємо відповідно передопераційному плануванню та зв'язуємо з маркером за допомогою платформи Vuforia. Після цього все завантажується в додаток на HoloLens 2. (Рис. 2) Під час операційного втручання, визначивши точки передньої тазової площини та встановивши блок з маркером, за допомогою окулярів HoloLens 2 ми зчитуємо інформацію з маркеру та отримуємо 3D модель з точним співставленням до анатомії пацієнта, а також з визначеним положенням компонента ендопротеза. (рис. 3).

Симуляційна перевірка навігаційної системи

Ми провели симуляційне дослідження з використанням гарнітури змішаної реальності та імітованого ТЕПКС на базі Інституту ортопедії та травматології НАМН України.

Наше наукове дослідження здійснювалося на



Рис. 2. Алгоритм створення Програмного забезпечення для навігації.

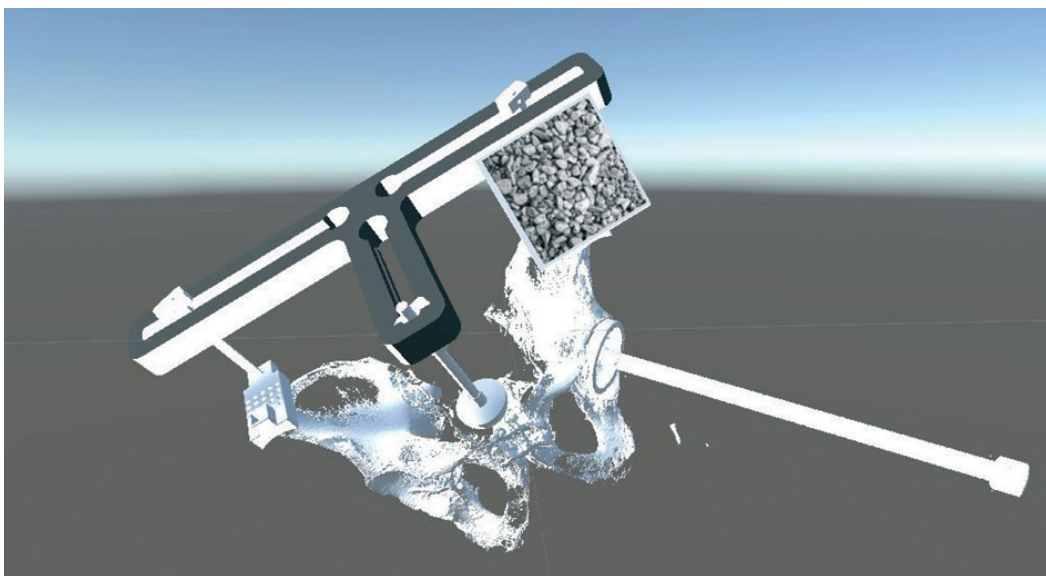


Рис. 3. 3D модель з точним співставленням до анатомії пацієнта, а також з визначеним положенням компонента ендопротеза

основі надрукованих 3D моделей кісток тазу пацієнтів зі складними анатомічними деформаціями, в рамках використання передової навігаційної системи, розробленої на базі пристрою Hololens 2.

Основною метою експерименту було визначення переваг використання даної навігаційної системи в контексті позиціонування компонентів ендопротезу.

У рамках дослідження було проведено 20 симуляційних імплантацій, де зіставлялися два варіанти – 10 разів з використанням навігаційної системи та 10 разів з використанням стандартного методу «від руки». Усі маніпуляції виконувалися одним і тим же хірургом для забезпечення єдності умов та уникнення впливу різних навичок оператора на результати експерименту. Усі моделі фантомних кісток тазу були отримані внаслідок КТ – сканування реальних пацієнтів в рамках планового передопераційного планування.

Основним завданням експерименту було розташувати ацетабулярний компонент у попередньо заданому положенні.

Симуляційні імплантації з навігаційною системою, мали спроектовану орієнтацію ацетабулярного компонента на фантомі у полі зору. Це забезпечило візуальне відображення антеверсії та нахилу імплантату відносно передньої площини тазу у вигляді голограми імпактора та напівсферичної примірочної чашки ендопротеза. Ця голограма повністю відповідала реальним розмірам інструментів, тому коли досягнута орієнтація відповідала цільовій, зображення повністю відповідало голограмі. Не було жодних додаткових вказівок чи підказок. Симуляційні імплантації без навігаційної системи, виконувались виключно методом від руки, та спираючись на досвід хірурга.

Статистичний аналіз

Оцінка остаточної орієнтації чашки вертлюжної западини відбувалася шляхом реєстрації її нахилу та антеверсії відносно передньої площини тазу фантомного тазу (табл. 1). Для визначення похибки орієнтації використовувалася різниця між цільовою та досягнутою орієнтаціями, що була розрахована за допомогою відповідного рівняння. Для порівняння похибки між двома методами імплантації, зокрема за допомогою MR та методом «від руки», використовувався тест Вілкоксона зі знаковим рангом. Двосторонні парні t-тести використовувалися для порівняння результатів орієнтаційної похибки у межах однієї групи симуляцій. У визначенні статистичної значущості застосовувалася критична величина $p < 0,05$. Точність вимірювалася у граду-

сах і виражалася у цілих числах. Для розрахунку потужності використовувався програмне забезпечення G*Power 3.1.9 (Heinrich Heine, Дюссельдорф, Німеччина), а для аналізу даних – SPSS 24.

Результати

У проведеному експерименті проводилося порівняння точності позиціонування ацетабулярного компонента при використанні нашої навігаційної системи на базі Hololens 2 та традиційного методу «від руки». Отримані результати підтверджують, що використання навігаційної системи значно покращує точність позиціонування (рис. 4). Для кращого уявлення процесу, представимо статистичні підрахунки:

Таблиця 1.



Рис. 4. пелюсткова діаграма: візуально представляє порівняння середнього відхилення, максимального відхилення, мінімального відхилення та стандартного відхилення між використанням навігації (жовтий) і без використання навігації (синій)

Порівняння отриманих кутів інклінації та антеверсії отриманих з використанням навігації, та стандартним методом.

Антеверсія та кут нахилу	З використанням навігації	Без використання навігації
Середній кут антеверсії	15°	25°
Максимальне кут антеверсії	18°	30°
Мінімальне кут антеверсії	12°	20°
Середній кут інклінації	45°	32°
Максимальний кут інклінації	48°	35°
Мінімальний кут інклінації	42°	29°

Таблиця 2.

Результати аналізу показників відхилення від запланованого положення компонентів.

Параметри точності	З використанням навігації	Без використання навігації
Середнє відхилення	1.2°	3.8°
Максимальне відхилення	2.5°	5.2°
Мінімальне відхилення	0.5°	2.2°
Стандартне відхилення	0.8°	1.2°

Порівнюючи ці показники, можна визначити значущий приріст точності при використанні навігаційної системи при застосуванні MR. Середнє відхилення в даному випадку зменшилося майже у три рази, що свідчить про високу ефективність та надійність системи у покращенні позиціонування компонентів ендопротезу (таблиця 2).

Обговорення

Технологія змішаної реальності – це метод відоображення, що поєднує реальний світ із віртуальним, вона дозволяє поєднувати цифрові зображення чи інформацію про передопераційне планування з поглядом хірурга та реальний світ. Цей метод дає хірургам рентгенівський зір без використання іонізуючого випромінювання, дозволяючи їм візуалізувати частини анатомії пацієнта, які зазвичай не піддаються впливу під час хірургічної процедури. Доповнена реальність покращує хірургу огляд неекспонованих кісток та інших тканин під час операції використовуючи менш інвазивні методи. Ці пристрої візуалізації також дозволяють хірургу переглядати попередньо визначені розташування розрізів та медичні зображення в реальному часі з належним просторовим вирівнюванням під час операції. Це забезпечує точність та безпечність процедури, що в кінцевому підсумку призводить до економії часу та правильного позиціонування імплантату. Технологія змішаної реальності застосовується в різних галузях медицини, надаючи значний внесок у медичну освіту та хірургічні практики. У медичній освіті вона сприяє більш інтуїтивному розумінню анатомічних структур студентами-медиками та корисна для хірургічних симуляцій та оглядів операцій [11]. Використання MR-технології в галузі медицини виявило перспективи. Результати цього дослідження підтверджують численні переваги використання технології змішаної реальності в порівнянні з традиційними методами. Перед проведенням операції можна отримати більш інтуїтивне

розуміння анатомічних деформацій та дефектів, розробити хірургічний план і здійснити хірургічне моделювання. Також можна точно передбачити, як безпечно та правильно розмістити компоненти ендопротезу. До того ж, за допомогою MR-технології можна передбачити можливі проблеми під час операції, що дозволяє розробити індивідуальний план операції для конкретного пацієнта. Ogawa H. та ін. [12] провели дослідження з метою вивчення розміщення чашечки під час тотальної артропластики кульшового суглоба за допомогою доповненої реальності (AR), було включено 56 випадків такої операції. Орієнтація чашки вертлюжної западини (з урахуванням антеверсії та нахилу) вимірювалася використовуючи смартфон з AR або звичайний гоніометр. Протягом три місяців після операції, антеверсія та нахил чашки були оцінені з використанням комп'ютерної томографії (КТ). Результати дослідження показали, що не виявлено статистично значущої різниці між методами AR та гоніометром щодо вимірювання нахилу чашки. Однак, антеверсія була значно точнішою при застосуванні підходу AR ($p < 0,0001$).

Fotouhi J. та ін. [13] запропонували інтраопераційну систему навігації AR для імплантації ацетабулярного компонента при тотальному ендопротезуванні кульшового суглоба з використанням С-дуги. Результати показали, що середня помилка у відведенні та антеверсії порівняно з класичним методом покращилася на 6,5° та 1,8° відповідно.

Вирівнювання компонентів вертлюжної западини під час ТЕПКС є критичним фактором для запобігання нестабільності компонентів ендопротеза та зносу поліетилену. Незважаючи на те, що кілька дослідників намагалися вирішити проблему неточності розміщення компонента кульшової западини, запропоновані на сьогоднішній день рішення мають значні обмеження. Щоб вирішити цю проблему, ми розробили нову систему розміщення чашок за допомогою змішаної реальності. В цьому експерименті ми досліджували точність нашої навігаційної системи на основі змішаної реальності порівняно з традиційним методом. Отримані результати використання нашої системи свідчать про високу ефективність та надійність системи у покращенні позиціонування компонентів ендопротезу. Wang R та ін. провели мета-аналіз який включав п'ять різних досліджень, у яких оцінювали 396 пацієнтів і порівнювали точність нахилу та антеверсії, тривалість хірургічного втручання та інтраопераційну крововтрату між групами, які оперувалися з використанням змішаної реальності та традиційне ТЕПКС. Об'єднані результати показали, що ТЕПКС за допомогою MR мали кращу точність нахилу та антеверсії, алетривалістність операції

та інтраопераційна крововтрата були подібними в обох групах[14].

У сучасній ортопедичній практиці набуває популярності використання технологій, спрямованих на покращення точності та ефективності ендопротезування кульшового суглоба. Зокрема, введення у практику інтраопераційної комп'ютерної навігації стає все більш поширеним явищем[15]. Проте існуючі підходи не позбавлені недоліків. Наприклад, інтраопераційне рентгенівське зображення під час рентгенографії не забезпечує можливості тривимірного візуального аналізу, а також призводить до збільшення обсягу простору в операційній та збільшення рівня радіаційного навантаження на пацієнтів і хірургів. Зокрема, використання комп'ютерної навігації та хірургічних роботів, хоча і забезпечує певні переваги, може відволікати увагу хірургів через активне взаємодію з комп'ютерними екранами[16]. Плюс до цього, необхідність у значному обладнанні та додатковому персоналі в операційній створює важливі труднощі при впровадженні цих технологій. Альтернативою цим обмеженням є використання змішаної реальності (MR) через спеціальні окуляри, такі як HoloLens 2. Ця технологія дозволяє інтегрувати візуальні дані для діагностики та хірургічних втручань, уникаючи при цьому використання додаткового зображення та обладнання. Що стосується стерилізації, оскільки HoloLens 2 знаходиться на голові хірурга та не потрапляє в операційне поле, їх можна розглядати так само, як хірургічні лупи або налобні ліхтарі — усі вони використовуються щодня і не потребують стерилізації.

Висновки

Технологія змішаної реальності, безсумнівно, відіграє важливу роль у допомозі при хірургічних операціях з ендопротезування кульшового суглоба. На відміну від комп'ютерної навігаційної системи та робототехніки, ймовірно, що MR може так само сприяти підвищенню точності імплантації за допомогою кращої інтраопераційної ергономіки та робочого процесу, не додаючи значних додаткових витрат. Дане дослідження показує, що інтеграція MR-технологію в повсякденну клінічну практику можлива та необхідна. Після проведених експериментальних досліджень, дана технологія може бути застосована інтраопераційно.

References

1. Wu KT, Lee PS, Chou WY, Chen SH, Huang YT. Relationship between the social support and self-efficacy for func-

- tion ability in patients undergoing primary hip replacement. *J Orthop Surg Res.* 2018 Jun 18;13(1):150. doi: 10.1186/s13018-018-0857-3
2. Ekelund A., Rydell N., Nilsson O. S. Total hip arthroplasty in patients 80 years of age and older. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1992, 281, 101-106. doi:10.1097/00003086-199208000-00017
3. Toonstra JL, Howell D, English RA, Lattermann C, Mattacola CG. The Relationship Between Patient Expectations and Functional Outcomes in Patients Undergoing Cartilage Repair of the Knee: A Mixed Methods Study. *J Sport Rehabil.* 2021 May 28;30(7):1038-1046. doi: 10.1123/jsr.2020-0022.
4. Cevallos N, Soriano KKJ, Flores SE, Wong SE, Lansdown DA, Zhang AL. Hip Arthroscopy Volume and Reoperations in a Large Cross-Sectional Population: High Rate of Subsequent Revision Hip Arthroscopy in Young Patients and Total Hip Arthroplasty in Older Patients. *Arthroscopy.* 2021;37(12):3445-3454.e1. doi:10.1016/j.arthro.2021.04.017
5. Kohno Y, Nakamura T, Fujii M, Shin S, Hara T. A laser guide technique: a novel method for accurate acetabular cup alignment in total hip arthroplasty. *Sci Rep.* 2022;12(1):18247. doi:10.1038/s41598-022-21975-x
6. Callanan MC, Jarrett B, Bragdon CR, Zurakowski D, Rubash HE, Freiberg AA, et al. The John Charnley Award: risk factors for cup malpositioning: quality improvement through a joint registry at a tertiary hospital. *Clinical orthopaedics and related research.* 2019 469(2), 319-329. <https://doi.org/10.1007/s11999-010-1487-1>
7. Cho HS, Park MS, Gupta S, Han I, Kim HS, Choi H, et al. Can Augmented Reality Be Helpful in Pelvic Bone Cancer Surgery? An In Vitro Study. *Clin Orthop Relat Res.* 2018 Sep;476(9):1719-1725. doi: 10.1007/s11999-0000000000000233.
8. Burström G, Persson O, Edström E, Elmi-Terander A. Augmented reality navigation in spine surgery: a systematic review. *Acta Neurochir (Wien).* 2021 Mar;163(3):843-852. doi: 10.1007/s00701-021-04708-3.
9. Pieper S., Halle M, Kikinis R. 3D Slicer. *IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: Nano to Macro.* 2004;1:632-635. doi: 10.1109/ISBI.2004.1398617.
10. Sugano N. Computer-assisted orthopaedic surgery and robotic surgery in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Surg.* 2013 Mar;5(1):1-9. doi: 10.4055/cios.2013.5.1.1.
11. Brigham TJ. Reality Check: Basics of Augmented, Virtual, and Mixed Reality. *Med Ref Serv Q.* 2017 Apr-Jun;36(2):171-178. doi: 10.1080/02763869.2017.1293987.
12. Ogawa H, Hasegawa S, Tsukada S, Matsubara M. A Pilot Study of Augmented Reality Technology Applied to the Acetabular Cup Placement During Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018 Jun;33(6):1833-1837. doi: 10.1016/j.arth.2018.01.067.
13. Fotouhi J, Alexander CP, Unberath M, Taylor G, Lee SC, Fuerst B, et al. Plan in 2-D, execute in 3-D: an augmented reality solution for cup placement in total hip arthroplasty. *J Med Imaging (Bellingham).* 2018 Apr;5(2):021205. doi: 10.1117/1.JMI.5.2.021205.
14. Su S, Wang R, Chen Z, Zhou F, Zhang Y. Augmented reality-assisted versus conventional total hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2023 Dec 2;18(1):920. doi: 10.1186/s13018-023-04421-0.
15. Singh V, Realyvasquez J, Simcox T, Rozell JC, Schwarzkopf R, Davidovitch RI. Robotics Versus Navigation Versus Conventional Total Hip Arthroplasty: Does the Use of Technology Yield Superior Outcomes? *J Arthroplasty.* 2021 Aug;36(8):2801-2807. doi: 10.1016/j.arth.2021.02.074.

16. Shaikh HJF, Hasan SS, Woo JJ, Lavoie-Gagne O, Long WJ, Ramkumar PN. Exposure to Extended Reality and Artificial Intelligence-Based Manifestations: A Primer on the Fu-

ture of Hip and Knee Arthroplasty. J Arthroplasty. 2023 Oct;38(10):2096-2104. doi: 10.1016/j.arth.2023.05.015.

Integration of Mixed Reality Technologies into the Hip Joint Arthroplasty Technique

Zubkov O.S.¹, Torchynskyi V.P.¹

¹SI «Institute of Traumatology and Orthopedics of NAMS of Ukraine», Kyiv

Summary. Background. This article is dedicated to analyzing the application of a mixed reality technology in total hip arthroplasty. The relevance of the study is determined by the increasing need to enhance the accuracy and safety of surgical interventions, which ensure the restoration of joint functions and improvement of patients' quality of life. **Objective.** The study focuses on the development and clinical testing of the mixed reality-based navigation system for positioning the acetabular component of the endoprosthesis. **Materials and Methods.** The research includes simulation modeling and preclinical trials demonstrating significant advantages of the developed system compared to traditional methods. **Results.** The main findings of the study showed a significant reduction in the average and maximum deviations of implant positioning angles, indicating increased accuracy and potential ability to reduce the risk of postoperative complications. **Conclusions.** The research emphasizes the potential of integrating mixed reality technologies into orthopedic surgery, particularly in total hip arthroplasty procedures, contributing to the development of more efficient and safe surgical techniques.

Keywords: hip joint; total endoprosthetics; preoperative planning; computer navigation; mixed reality.