

## Ефективність оволодіння практичною навичкою на муляжі колінного суглоба оригінальної конструкції

Сулима В.С.<sup>1</sup>✉, Омельчук В.П.<sup>1</sup>, Кузь У.В.<sup>1</sup>,  
Омельчук І.В.<sup>3</sup>, Федоркевич С.В.<sup>1</sup>, Менюк В.В.<sup>2</sup>, Дубас В.І.<sup>1</sup>

**Резюме.** Актуальність. Симуляційне навчання практичним навичкам лікарів-інтернів зі спеціальності Ортопедія і травматологія суттєво покращує рівень підготовки майбутніх лікарів та дозволяє уникнути можливих тактичних і технічних помилок в діагностиці та лікуванні пацієнтів. **Мета дослідження:** Розробити, виготовити, впровадити в навчальний процес та проаналізувати ефективність застосування муляжу колінного суглоба при відпрацюванні симуляційної навички – пункції. **Матеріали та методи.** Муляж колінного суглоба, виготовлений методом 3D-моделювання на програмному забезпеченні Fusion 360 за допомогою технології FDM-друку на принтері Teva Tarantula Pro та слайсері Cura з доданою вставною ємністю-резервуаром та можливістю її багаторазового заповнення імітаторами різних рідин. Реалістичність моделі досягли відтвореними м'якими тканинами. Муляж фіксовано на двох плоских опорах під стегновим та колінним сегментами з шарніром, що забезпечує можливість рухів в суглобі під різними кутами. Ефективність застосування муляжу колінного суглоба вивчили за участю 30 лікарів-інтернів поділених на дві групи: I – 15 осіб, які проводили тренування на муляжі з початку 2-го року навчання, II – 15 лікарів-інтернів, які проводили тренування з початку 1-го року навчання. Результати ефективності практично-орієнтованого навчання проаналізували за результатами OSCI, де навички виконували на муляжі. **Результати.** Середній бал складав  $3,9 \pm 2,7$  і  $4,8 \pm 2,8$  у I та II групі відповідно при максимально можливому результаті 5,5; що вказує на ефективність симуляційного навчання з допомогою виготовленого муляжу колінного суглоба. В дослідженні приймала участь невелика кількість учасників, тому достовірної різниці результатів навчання між групами порівняння не встановили ( $p=0,09492$ ). **Висновки.** Застосування повторюваного симуляційного відпрацювання практичної навички на муляжі дозволяє ефективно проводити навчання, а також виявляти лікарів-інтернів, які недостатньо засвоїли техніку проведення маніпуляцій на колінному суглобі. Симуляційне навчання дозволяє уникнути потенційних помилок при виконанні маніпуляції, запобігти ускладнень в лікуванні пацієнтів з патологією колінного суглоба.

**Ключові слова:** колінний суглоб, 3D-моделювання, муляж, симуляційне навчання.

### Вступ

Процес практично орієнтованого навчання лікарів-інтернів ортопедів-травматологів передбачає щоденне відпрацювання та зрештою, ово-

лодіння практичними навичками. Тільки така фахова підготовка з поєднанням деонтологічних та юридичних аспектів дозволяє впевнено виконувати навичку в процесі лікування. З цією метою більшість вишів впроваджують сучасні методи симуляційного навчання із застосуванням муляжів, симуляторів, навчальних пристроїв, стендів, відповідного інструментарію тощо. Таке практичне відтворення визначеної навички з неодноразовим повторюванням дозволяє зрозуміти, засвоїти і застосувати у потрібній клінічній ситуації [1].

✉ Сулима В.С., vadumsulyma1961@gmail.com

<sup>1</sup> Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ, Україна

<sup>2</sup> КНП Долинська багатопрофільна лікарня, Івано-Франківська область, м. Долина, Україна

<sup>3</sup> КНП Обласна клінічна лікарня Івано-Франківської обласної ради, м. Івано-Франківськ, Україна

Складність полягає в розробці самих симуляційних засобів з високим ступенем відтворюваності засвоєної практичної навички при відповідному клінічному сценарії [2, 3, 4]. Звісно, в залежності від кінцевої мети, конструкції засобів можуть бути від досить простих і навіть дещо примітивних до складних і дороговартісних, залежно від навички [5, 6, 7]. Неможливість придбання відомих муляжів через їх надмірну вартість [8, 9], змусило нас вивчити власні можливості виготовлення аналогів виробництва Китаю, США та інших держав.

Використання програми просторового 3D-моделювання з наступним вибіркоким нанесенням розплавленого матеріалу (Fused Deposition Modeling) FDM-друком дозволило розробити та виготовити муляж колінного суглоба, який за антропометричними і морфологічними параметрами відповідає розмірам натуральної частини людського тіла. Муляж був створений для тренування навички Пункція колінного суглоба в процесі навчання, що дозволило проводити неодноразові її відтворення та підвищити ефективність діагностично-лікувального методу проведення маніпуляції.

**Мета:** розробити, виготовити, впровадити в навчальний процес та проаналізувати ефективність застосування муляжу колінного суглоба при відпрацюванні симуляційної навички – пункції.

## Матеріали та методи

Складові частини муляжу колінного суглоба розробили за допомогою комп'ютерного 3D-моделювання при програмному забезпеченні Fusion 360, виготовили з пластику coPet та силікону з твердістю 20 та 30 ШОР на слайсері Cura і 3D принтері Teva Tarantula Pro. Усі матеріали муляжу підбирали за модулями пружності Юнга, які максимально були наближені до відповідної пружності тканин колінного суглоба.

Для визначення ефективності навчання і симуляційного засвоєння практичних навичок на муляжі колінного суглоба протестували 30 лікарів-інтернів ортопедів-травматологів, котрих розподілили на дві групи: I група – 15 лікарів-інтернів, які проводили тренування на муляжі з початку 2-го року навчання, II група – 15 лікарів-інтернів, які проводили тренування на муляжі з початку 1-го і на 2-ому році навчання, тобто вдвічі довше. Саме таке формування груп порівняння, з відсутністю групи контролю, де практичний навичок виконувався фактично шляхом обговорення, тобто на теоретично-імітаційному рівні, забезпечував оптимальну репрезентативність результатів

дослідження. Результати ефективності практично-орієнтованого навчання аналізували за допомогою результатів комплексного практично орієнтованого кваліфікаційного іспиту (КПОКІ), де симуляційна навичка виконувалась на муляжі колінного суглоба. Максимальна кількість балів, яку міг отримати екзаменований, складала 10. Чек-лист містив 10 пунктів – по 1 балу за кожний. Чек-лист симуляційної навички склали за вимогами робочої програми кафедри травматології, ортопедії і невідкладної військової хірургії (ТОІНВХ) Івано-Франківського національного медичного університету (ІФНМУ) з врахуванням можливостей та переліку методів діагностики і лікування, які використовують на базах стажування.

Оцінювання проводили за шкалою рекомендованою МОЗ України, де передбачено чотири рівня засвоєння [10]:

A – має знання, описує;

B – виконує, керує, демонструє під наглядом;

C – виконує, керує, демонструє самостійно;

D – вчить або контролює інших у виконанні, управлінні, демонстрації.

Числовий вираз рівнів засвоєння конвертували в нерівномірну шкалу п'ятибальної системи оцінки, де відповідно рівні складалі: A – 3, B – 4, C – 5, D – 5,5 балів. Окремо виділили можливість оцінити фактично відсутні знання та уміння виконання навички з оцінкою 2 бали – група A-. Конвертація наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

### Конвертація балів отриманих в чек-листі КПОКІ в шкалу Європейської кредитно трансферної-накопичувальної системи (ЄКТС) та в традиційну оцінку

Конвертація в ЄКТС	К-ть балів отриманих на КПОКІ	Конвертація в традиційну оцінку
A-	0-2	2
A	2,5-4	3
B	4,5-6	4
C	6,5-8	5
D	8,5-10	5,5

Порівнювали результати практично-орієнтованого іспиту КПОКІ в балах між I і II групами. Статистичну обробку та аналіз результатів проводили за допомогою програмного забезпечення MS Excel та надбудови XLSTAT. Тип розподілу провели за допомогою Shapiro-Wilk test та графічного методу за Колмогоровим – Смірновим. Оскільки групи порівняння не відповідали нормальному розподілу, для визначення достовірності даних вибрали методику непараметричної статистики для залежних і незалежних сукупностей – Mann – Whitney U Test.

## Результати

Етапний зразок друку прототипів епіфізів кісток колінного суглоба наведений на рис.1. Нашаруванням силіконового покриття (рис. 2) досягли вигляду муляжу з імітацією епіфізарного хряща, подібного до натурального колінного суглоба людини. Зв'язки, виготовили з армованого силікону та фіксували в анатомічних ділянках інсерції (рис. 3). Порожнину колінного суглоба імітувала фігурна вставна ємність-резервуар (рис. 4), який,

через патрубок по задній поверхні попередньо заповнюється рідиною, що імітує ексудат: кров, синовіальну рідину, гній, відповідно до поставленого завдання при відпрацюванні навички пункції порожнини колінного суглоба.

Реалістичність пальпаторного відчуття надає покриття муляжу силіконовою оболонкою (рис. 5), яке імітує шкірні покриви і витримує багаторазову дезінфекцію. Під оболонковий простір заповнений спіненим поліуретаном з верхнім прошарком поролону.



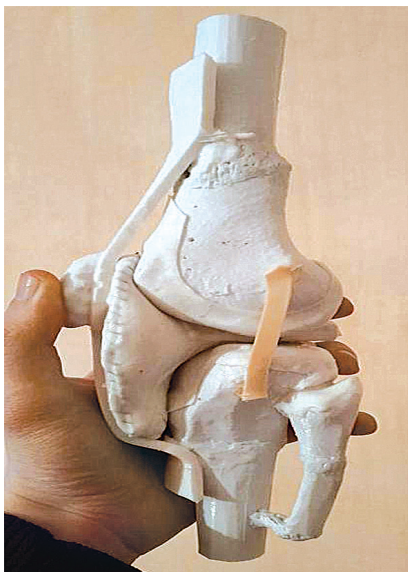
**Рис. 1.** Етапний зразок друку прототипів епіфізів кісток колінного суглоба



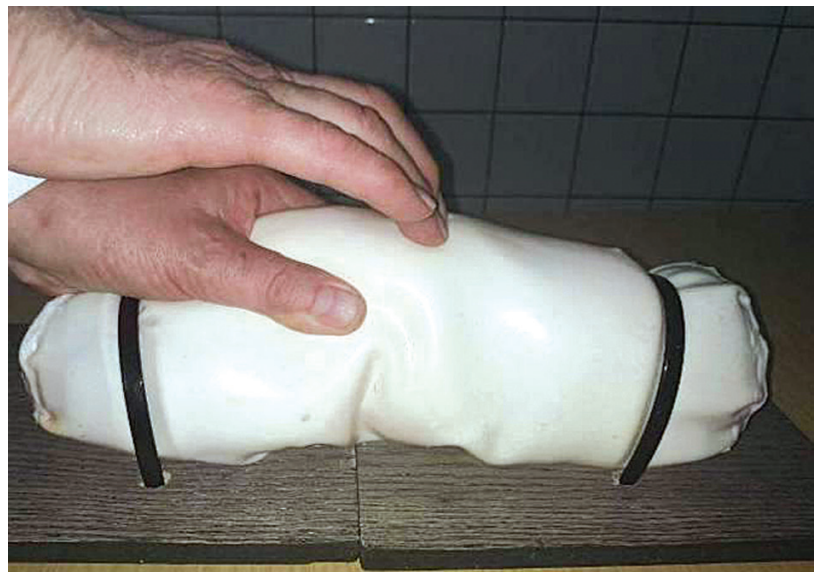
**Рис. 2.** Вигляд муляжу колінного суглоба з нашаруванням силіконового покриття для імітації епіфізарного хряща



**Рис. 3.** Зв'язки муляжу колінного суглоба з армованого силікону, фіксовані в анатомічних ділянках інсерції.



**Рис.4.** Розташування під наколінком фігурної вставної ємності-резервуара, що імітує порожнину колінного суглоба.

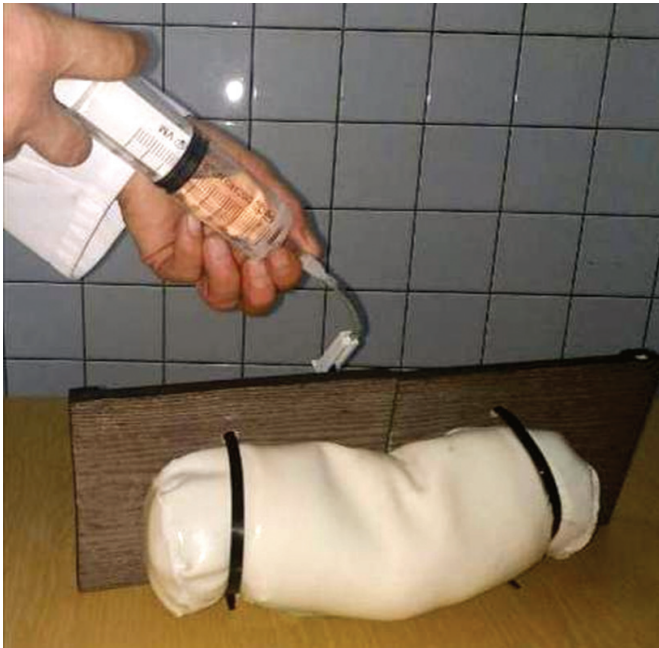


**Рис. 5.** Муляж колінного суглоба вкритий силіконовою оболонкою, яка імітує шкірні покриви. Тест для визначення балотації наколінка.

Муляж фіксували двома кабельбіндерами до двох дерев'яних підставок, з'єднаних між собою по довжині осьовим шарніром в проекції щілини колінного суглоба, що дозволяє регулювати згинання в суглобі та фіксувати положення, залежно від поставленої мети.

Якісні характеристики матеріалів, підібраних для виготовлення складових муляжу колінного суглоба з відповідними модулями пружності Юнга, дозволяють максимально наблизити конструкцію до аналогічного анатомічного сегменту нижньої кінцівки людини. Зрештою, практичне використання муляжу в процесі навчання наближає симуляційне відпрацювання навички до реальної діагностично-лікувальної процедури.

Муляж слід попередньо підготувати для виконання навички. Ємність-резервуар муляжу (рис. 6) через патрубок шприцом Жане слід наповнити рідиною, відповідно до умов завдання.



**Рис. 6.** Підготовка муляжу колінного суглоба до виконання практичної навички. Введення шприцом рідини, відповідної до умов завдання, через патрубок резервуару.

Для прикладу, синовіальну рідину імітують ізотонічним розчином забарвленим в жовто-помаранчевий колір різної інтенсивності 5% желатином, з домішками мікрочастинок розмеленого поліетилену (для імітації мутного ексудату) або розчином, що імітує кров тощо. Отвори після пункції внутрішньовенною голкою через достатньої товщини силіконове покриття муляжу колінного суглоба не потребує герметизації і злипається самостійно. Відпрацювання навички з неодноразовими маніпуляціями товстими голками

для відновлення герметичності резервуару в місці перфорації потребує реновації покриття додатковим шаром силікону. Таким чином підготовлений муляж дозволяє попередньо виконати тест для визначення балотації наколінка (рис. 5), імітувати мобілізаційні прийоми при проявах контрактури, тейпування тощо.

Симуляційну навичку пункції колінного суглоба можна виконати на муляжі з різних доступів як традиційних (рис. 7), так і не традиційних. Для прикладу: з передньо-медіального доступу при зігнутому суглобі до кута 60-70°, залежно від анатомічних особливостей організму людини з надмірною вагою (рис. 8). Відповідний кут згинання можна стабільно утримувати тракційною ремінцевою тягою між двома підставками муляжу. Зворотне витікання краплями імітаційної синовіальної рідини (рис. 9) достовірно підтверджує тестове внутрішньосуглобове розташування пункційної голки, що є вкрай важливим за потреби внутрішньосуглобового введення препарату.



**Рис. 7.** Виконання навички пункції колінного суглоба на муляжі з традиційного нижньо-медіального доступу.



**Рис. 8.** Виконання навички пункції колінного суглоба на муляжі в положенні згинання.



**Рис. 9.** Зворотне витікання краплями імітаційної рідини достовірно підтверджує тестове внутрішньосуглобове розташування пункційної голки

Отже, муляж колінного суглоба дозволяє відпрацювати наступні навички: виконання тесту на балотацію наколінка, перевірку симптому перетікання рідини (patella effusion test), виконання мобілізаційних впливів на наколінки, тейпування, пункцію заворотів та безпосередньо порожнини суглоба під наколінки з різних доступів, аспірацію надмірної кількості імітованої синовіальної рідини, крові, запального вмісту, з візуальною оцінкою властивостей пунктату для уточнення попереднього діагнозу.

Відповідно до умов екзаменаційного завдання КПОКІ (OSCI) виконували симуляційне взяття пунктату на бактеріологічне та/або цитологічне дослідження, котре, часто в повсякденній практиці ортопеда, дозволяє вирішити *in situ* лікувальну тактику та доцільність введення відповідного лікарського препарату (анестетика, глюкокортикостероїда, антисептика, цитостатика, гіалуронової кислоти), виконання пункційної біопсії за підозрою на віллонодулярний синовіт). Також навичку пункції колінного суглоба можна доповнити імітацією прицільного введення хондропротектора в «сухий» суглоб при остеоартриті.

Для виконання перелічених навичок формували команди по двоє-трьох людей, які по черзі виконували різні ролі, для прикладу: лікаря-ортопеда і перев'язочної медсестри або лікаря-ортопеда, перев'язочної медсестри і сонографіста, лікаря-ортопеда і фізичного терапевта, тощо. Використовували звичайні внутрішньовенні голки, спінальні голки Ga 20, Ga 18 або типу Дюфо для аспірації густого ексудату, голку для пункційної біопсії.

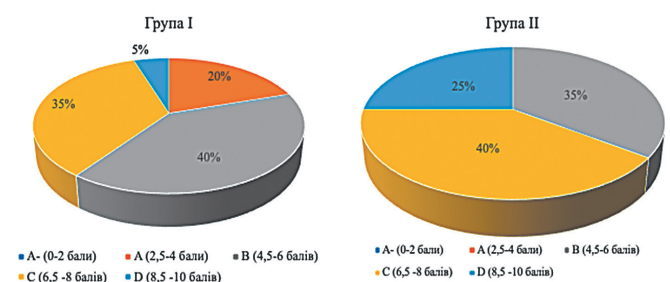
Муляж колінного суглоба корисний при відпрацюванні навички тейпування. Вартісний тейп легко зняти з силіконового покриття муляжу без суттєвої втрати клейких властивостей, на відміну від натурального тейпування тіла людини. Муляж дозволяє повторно багаторазово використовувати тейпи в симуляційному навчальному процесі.

Статистичний аналіз ступеня зростання ефек-

тивності відпрацювання симуляційної навички на муляжі колінного суглоба лікарями-інтернами в обох групах виконали після етапної інтенсифікації навчального процесу.

На першому етапі виконували практичну навичку на виготовленому муляжі в «Міжкафедральному навчальному тренінговому симуляційному центрі OSCІ» ІФНМУ. Другим етапом тренування окремим двом трьом лікарям-інтернам, студентам, вибраним в групі з 10-15 осіб з найвищими рівнями засвоєння (С, D), створювали умови виконання навички або окремі її елементи в перев'язувальній відділу травматології за попередньою згодою хворого, з реактивним випітним синовітом колінного суглоба або з остеоартритом, де показана пункція з аспірацією синовіальної рідини та наступним введенням препарату глюкокортикоїду пролонгованої дії або гіалуронової кислоти. Навичку виконували під керівництвом викладача – досвідченого лікаря ортопеда-травматолога з відповідною кваліфікаційною категорією.

Ранжуванням за системою ЄКТС у групі I виявили з недостатнім рівнем знань А – 4 (20%), достатнім В – 8 (40%), середнім С – 7 (35%) і високим D – 1 (5%) лікарів-інтернів. Лікарів-інтернів, які не змогли відтворити навіть базові елементи з оцінкою «А» - не було (рис. 10. Група I). У лікарів-інтернів II групи, які тренувались впродовж двох років, показники ранжування були кращими (рис. 10. Група II). Серед них не було жодного з груп А і А-. Достатній В рівень знань був у 7 (35%), а середній С і високий D - у 8 (40%) і 5 (25%) лікарів-інтернів, відповідно.



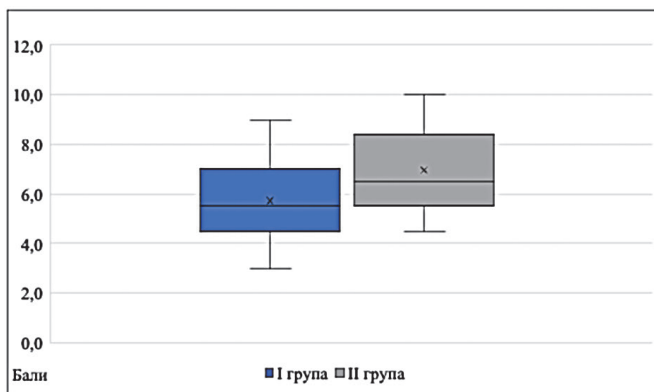
**Рис. 10.** Відмінність (в балах) в ефективності симуляційного навчання лікарів-інтернів в групах I та II при відпрацюванні практичної навички діагностично-лікувальна пункція колінного суглоба на муляжі. Результати наведені як середні значення з похибками 95% СІ.

I група – 15 лікарів-інтернів, які проводили тренування на муляжі з початку 2-го року навчання (впродовж одного року),

II група – 15 лікарів-інтернів, які проводили тренування на муляжі з початку 1-го року впродовж двох років навчання.

Узагальнення показників ефективності симуляційного навчання навичці проведення пункції колінного суглоба порівняно в обох групах лікарів-інтернів наведено на рис. 11.

У I групі середній бал склав  $3,9 \pm 2,7$ , а у II групі  $4,8 \pm 2,8$  з максимально можливого 5,5 що вказує на ефективність симуляційного навчання за допомогою виготовленого муляжу колінного суглоба. Хоч аналіз результатів складання іспиту не виявив достовірної відмінності між групами порівняння ( $p=0,09492$ ), оскільки групи були не великими за кількістю осіб, однак засвоєння навички у лікарів-інтернів II групи, які неодноразово відпрацьовували навичку пункції колінного суглоба на муляжі впродовж двох років був вищим у 1,2 рази.



**Рис. 11.** Порівняльна ефективність симуляційного навчання навичці проведення пункції колінного суглоба. Розподіл лікарів-інтернів в групах I і II за результатами ранжування в системі ЄКТС (в балах).

## Обговорення

Вибір методики практичного оволодіння навичкою як для викладача, так і для студента, лікаря-інтерна залишається актуальною проблемою.

В період пандемії COVID-19 значного поширення набули дистанційні форми навчання, такі як: відео-лекції, майстер-класи, але відсутність можливості спробувати відтворити побачене і почуте, робить їх скоріше допоміжними засобами навчання, які дають тільки базові рівні пізнання згідно таксономії Блума – знання і розуміння. Все ж для переходу на наступний рівень – застосування, потрібно пройти симуляційне тренування.

Основними методиками практичного оволодіння навичками для лікаря-ортопеда є тренування на муляжах, кадавер-тренування, на сучасних симуляторах віртуальної реальності [11, 12], кожна з яких має свої переваги і недоліки. Основною перевагою кадавер-тренувань є їх реалістичність і

повне відтворення тактильного відчуття при виконанні маніпуляцій на суглобах у реальних умовах [13] можливо і під сонографічним контролем [14]. Проте основними недоліками, які важко подолати в сучасних умовах, залишаються недостатня кількість кадавер-стендів, дороговартісність їх експлуатації, відсутність умов для зберігання в багатьох освітніх закладах та швидке зношування, що робить їх застосування неможливим для великих груп слухачів.

Симуляція в медичній освіті почала активно впроваджуватись з 1990 років, коли з'явилися муляжі з можливостями імітації різних клінічних ситуацій, а з середини 2000 років до них додалось програмне забезпечення, що дозволило отримувати зворотній зв'язок і контролювати правильність виконання навички [15]. Сучасні симулятори допомагають вирішити вищенаведені проблеми. 3D-друк уможливив відтворення всіх структур анатомічного сегмента і збільшив задоволеність здобувачів освіти якістю симуляційного навчання [16, 17]. Додатковою перевагою сучасного муляжу є його багатозадачність. Викладачі можуть прописувати різні за рівнем складності клінічні сценарії, що дозволяє формувати клінічне мислення, тобто розвивати наступні рівні пізнання за Блумом – аналіз, оцінювання і синтез.

Перспективним напрямком розвитку симуляційного навчання вважається доповнення симуляторів віртуальною реальністю, що дасть змогу повністю відтворити клінічний випадок та розширити розуміння своїх помилок і провести їх аналіз [18, 19].

## Висновки

1. Симуляційне оволодіння практичною навичкою на виготовленому оригінальному муляжі колінного суглоба власного дизайну показало свою ефективність у підготовці здобувачів освіти інтернів лікарів-ортопедів. У I групі 80% інтернів змогли скласти іспити, а у II групі їх кількість зросла до 90%.

2. Повторюваність у відпрацюванні практичних навичок сприяє засвоєнню алгоритмів проведення інвазивних маніпуляцій під контролем досвідченого викладача.

3. Симуляційне тренування на муляжі дозволяє викладачу визначити рівень засвоєння інтернами методики проведення маніпуляцій на колінному суглобі і за потреби провести додаткові навчальні сесії. Такий підхід до оволодіння практичною навичкою дозволить уникнути потенційних помилок при лікуванні пацієнтів та зменшить кількість можливих ускладнень.

**Конфлікт інтересів:** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та фінансову зацікавленість у публікації статті.

**Conflicts of interest:** The authors declare no conflict of interest or financial interest in the publication of the article.

**Інформація про фінансування.** Фінансова зацікавленість - відсутня.

**Fundings.** no.

## References

1. Armenia S, Thangamathesvaran L, Caine AD, King N, Kunac A, Merchant AM. The Role of High-Fidelity Team-Based Simulation in Acute Care Settings: A Systematic Review. *Surg J (N Y)*. 2018;4(3):e136-e151. Published 2018 Aug 13. doi:10.1055/s-0038-1667315
2. Ruder JA, Turvey B, Hsu JR, Scannell BP. Effectiveness of a Low-Cost Drilling Module in Orthopaedic Surgical Simulation. *J Surg Educ*. 2017;74(3):471-476. doi:10.1016/j.jsurg.2016.10.010
3. Lopez G, Wright R, Martin D, Jung J, Bracey D, Gupta R. A cost-effective junior resident training and assessment simulator for orthopaedic surgical skills via fundamentals of orthopaedic surgery: AAOS exhibit selection. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(8):659-666. doi:10.2106/JBJS.N.01269
4. Bartlett JD, Lawrence JE, Stewart ME, Nakano N, Khanduja V. Does virtual reality simulation have a role in training trauma and orthopaedic surgeons?. *Bone Joint J*. 2018;100-B(5):559-565. doi:10.1302/0301-620X.100B5.BJJ-2017-1439
5. Zamani N, Pourkand A, Salas C, Mercer DM, Grow D. A Novel Approach for Assessing and Training the Drilling Skills of Orthopaedic Surgeons. *J Bone Joint Surg Am*. 2019;101(16):e82. doi:10.2106/JBJS.18.00905
6. Agyeman KD, Summers SH, Massel DH, Mouhanna J, Aiyer A, Dodds SD. Innovation in Orthopaedic Surgery Education: Novel Tools for Modern Times. *J Am Acad Orthop Surg*. 2020;28(18):e782-e792. doi:10.5435/JAAOS-D-19-00411
7. Meyer-Szary J, Luis MS, Mikulski S, Patel A, Schulz F, Tretiakow D, Fercho J, Jaguszewska K, Frankiewicz M, Pawłowska E, Targoński R, Szarpak Ł, Dądela K, Sabiniewicz R, Kwiatkowska J. The Role of 3D Printing in Planning Complex Medical Procedures and Training of Medical Professionals—Cross-Sectional Multispecialty Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(6):3331. Published 2022 Mar 11. doi:10.3390/ijerph19063331
8. Ganguli A, Pagan-Diaz GJ, Grant L, Cvetkovic C, Bramlet M, Vozenilek J, Kesavadas T, Bashir R. 3D printing for preoperative planning and surgical training: a review. *Biomedical Microdevices*. 2018 Aug;20(3):65. DOI: 10.1007/s10544-018-0301-9. PMID: 30078059.
9. Alemayehu DG, Zhang Z, Tahir E, Gateau D, Zhang DF, Ma X. Preoperative Planning Using 3D Printing Technology in Orthopedic Surgery. *Biomed Res Int*. 2021;2021:7940242. Published 2021 Oct 12. doi:10.1155/2021/7940242
10. Cabinet of Ministers of Ukraine. On the approval of exemplary internship training programs in the specialty "Orthopaedics and Traumatology". Order of the Ministry of Health of Ukraine (order in Ukraine. [Internet]. 2022 [cited 2022 Jul 4]. Decree No. 1219 2022 July 04. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1219282-22#Text>
11. Shah A, Barnes RM, Rocco LE, et al. Measuring success: A comparison of ultrasound and landmark guidance for knee arthrocentesis in a cadaver model. *Am J Emerg Med*. 2023;71:157-162. doi:10.1016/j.ajem.2023.06.044
12. Pakzad B, Karimzadeh H, Dadgostarnia M, Mousavi M, Salehi A, Akbari M. Designing and Manufacture of Training Simulator for Injecting and Fluid Removing of Knee Joint. *Advanced Biomedical Research*. 2019 ;8:28. DOI: 10.4103/abr.abr\_198\_18. PMID: 31123671; PMCID: PMC6477831.
13. Bretagne V, Delapierre A, Cerasuolo D, Bellot A, Marcelli C, Guillois B. Randomized Controlled Study of a Training Program for Knee and Shoulder Arthrocentesis on Procedural Simulators with Assessment on Cadavers. *ACR Open Rheumatol*. 2022;4(4):312-321. doi:10.1002/acr.2.11400
14. Lundgreen Mason N, Thomas R, Skidmore C, Loveless B, Muir M, Limov A, Fritsch A, Yancey T, Zapata I, Nigh A. Comparing the Utility of Landmark-Palpation Guided to Ultrasound-Guided Teaching Methodologies for Subclavian Central Venous Access Using a Formalin-Embalmed Cadaver Model. *Adv Med Educ Pract*. 2023;14:1327-1337. Published 2023 Nov 23. doi:10.2147/AMEPS439243
15. Delva II, Lytvynenko NV, Delva MY, Pinchuk VA, Kryvchun AM. SIMULATION IN MEDICAL EDUCATION: HISTORY OF THE DEVELOPMENT (article in Ukraine). *Actual Problems of the Modern Medicine: Bulletin of Ukrainian Medical Stomatological Academy*. 2019; 19(2): 183-185. <https://doi.org/10.31718/2077-1096.19.2.183>
16. Engelbrecht R, Patey C, Dubrowski A, Norman P. Development and Evaluation of a 3D-Printed Adult Proximal Tibia Model for Simulation Training in Intraosseous Access. *Cureus*. 2020;12(12):e12180. Published 2020 Dec 20. doi:10.7759/cureus.12180
17. Sivanathan M, Micallef J, Clarke KM, Gino B, Joshi S, Abdo S, Butt D, Mnaymneh M, Siraj S, Torres A, Brock G, Button D, Pereira C, Dubrowski A. The Development and Initial End-Point User Feedback of a 3D-Printed Adult Proximal Tibia IO Simulator. *Cureus*. 2022;14(5):e25481. Published 2022 May 30. doi:10.7759/cureus.25481
18. Tronchot A, Casy T, Vallee N, Common H, Thomazeau H, Jannin P, Huaultmé A. Virtual reality simulation training improve diagnostic knee arthroscopy and meniscectomy skills: a prospective transfer validity study. *J Exp Orthop*. 2023;10(1):138. Published 2023 Dec 14. doi:10.1186/s40634-023-00688-8
19. Vrillon A, Gonzales-Marabal L, Ceccaldi PF, Plaisance P, Desrentes E, Paquet C, Dumurgier J. Using virtual reality in lumbar puncture training improves students learning experience. *BMC Med Educ*. 2022;22(1):244. Published 2022 Apr 4. doi:10.1186/s12909-022-03317-7

## Effectiveness of Practical Skills Training on the Original Design Knee Joint Phantom

Sulyma V.S.<sup>1</sup>, Omelchuk V.P.<sup>1</sup>, Kuz U.V.<sup>1</sup>, Omelchuk I.V.<sup>3</sup>, Fedorkevych S.V.<sup>1</sup>,  
Meniuk V.V.<sup>2</sup>, Dubas V.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ivano-Frankivsk National Medical University, Ivano-Frankivsk

<sup>2</sup>MNPE «Dolynsk Multiprofile Hospital», Dolynsk

<sup>3</sup>MNPE «Ivano-Frankivsk Regional Clinical Hospital», Ivano-Frankivsk

**Summary. Background.** Simulation training is a crucial aspect of intern training in Orthopedics surgery. Providing a practical and reproducible training environment, it helps interns avoid critical errors when working with future patients. **Objective.** The objective of our study was to design, manufacture, implement in education course and evaluate the effectiveness of a knee joint phantom for training knee joint puncture. **Material and Methods.** The knee joint phantom was created using Fusion 360 software and was printed using FDM technology on a Tevo Tarantula Pro printer with a Cura slicer with an insert container capable of repeated filling with various imitated liquids. To achieve a higher level of realism, the soft tissues were fully replicated. The phantom was fixed on two supports under the femoral and knee segments with a hinge, which provides the possibility of movements in the joint at different angles. 30 ordinators were involved in the study and divided into two groups: group I included 15 ordinators who conducted training on a knee model from the beginning of the 2nd year; group II consisted of 15 ordinators who conducted training from the beginning of the 1st year. The effectiveness of practical training was evaluated through statistical analysis of the results of OSCI, with a phantom being used. Results. The mean score was  $3.9 \pm 2.7$  and  $4.8 \pm 2.8$  in group I and group II, respectively, with the maximum possible result of 5.5, which indicates the effectiveness of simulation training with the help of a manufactured knee joint phantom. A small number of participants were included in the study, so no significant difference in learning outcomes between the comparison groups was established ( $p=0.09492$ ). Conclusions. Simulation training with a knee phantom is an efficient method for educating orthopedic surgeons on how to perform manipulations on the knee joint. This training also aids in identifying those who have acquired the skill at a lower level. This approach can prevent potential errors when performing manipulations and minimize complications in the treatment of patients with knee joint pathology.

**Key words:** knee joint; 3D modeling; phantom; simulation training.