

DOI: 10.21802/artm.2026.2.38.17
УДК 617.576-089.844:615.825**ВПЛИВ РАННЬОЇ ПАСИВНОЇ ТА АСИСТОВАНОЇ МОБІЛІЗАЦІЇ НА ФУНКЦІОНАЛЬНЕ
ВІДНОВЛЕННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ПІСЛЯ АНКЕРНОЇ РЕПАРАЦІЇ
ДИСТАЛЬНОГО СУХОЖИЛЛЯ БІЦЕПСА**О.О. Беспалова*¹, А.М. Сітовський², О.О. Якобсон³, І.В. Мезенцева², Я.А. Ушко²¹Сумський державний педагогічний університет ім. А. С. Макаренка, кафедра терапії та реабілітації,
м. Суми, Україна²Вищий навчальний заклад «Академія рекреаційних технологій і права», кафедри фізичної терапії,
м. Луцьк, Україна³Волинський національний університет імені Лесі Українки, кафедра анатомії, нормальної та
патологічної фізіології, м. Луцьк, Україна

ORCID ID: 0000-0002-0081-6021, Scopus ID: 57219092012, e-mail: i-ozon777@i.ua

ORCID ID: 0000-0002-7434-7475, Scopus ID: 57202811941, e-mail: andriy.sitovskiy@gmail.com

ORCID ID: 0000-0002-7340-2014, Scopus ID: 58455064100, e-mail: elena19810905@gmail.com

ORCID ID: 0000-0002-1455-9708, Scopus ID: 57221469840, e-mail: mezencevainna2@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-3017-7766, Scopus ID: 57220176105, e-mail: ianaushko21@gmail.com

*Автор-кореспондент: i-ozon777@i.ua

Резюме. Дистальний розрив сухожилля двоголового м'яза плеча призводить до суттєвого зниження супінаційної сили та функціональної спроможності верхньої кінцівки. Для військовослужбовців відновлення ротаційного моменту передпліччя є критичним для повернення до службових завдань. Оптимальні терміни та обсяг післяопераційної мобілізації після анкерної репарації залишаються дискусійними. Метою статті є оцінка безпечності та функціональної ефективності ранньої пасивної та асистованої мобілізації після анкерної репарації дистального сухожилля біцепса у військовослужбовців. У дослідження включено 4 військовослужбовці віком 36–49 років із гострим розривом сухожилля, яким виконано первинну анкерну фіксацію. Структурована програма ранньої реабілітації була розпочата на 2–3 день після операції та включала мобілізацію із включенням пасивних та асистованих рухів, а також контрольоване навантаження, враховуючи фази біологічного загоєння. Контралатеральна кінцівка слугувала внутрішнім функціональним контролем. Оцінювали обсяг рухів (ROM), силу супінації та згинання (у % від контралатеральної кінцівки), функціональну толерантність до навантаження, QuickDASH та VAS у динаміці до 12 тижнів. Результати. До 12-го тижня активний ROM становив 98 % від здорової кінцівки, супінаційна сила – 96 %, сила згинання – 97 %. Функціональна толерантність до навантаження досягла 95 % симетрії. QuickDASH знизився з 52 до 9 балів, VAS – із 5,1 до 0,8. Ускладнень або рерозривів не зафіксовано. Рання пасивна та асистована мобілізація після анкерної репарації є безпечною та сприяє швидкому відновленню функціональної симетрії. Для військовослужбовців, які зазнають високих повторюваних ротаційних навантажень, досягнення понад 90 % симетрії між кінцівками є більш клінічно значущим критерієм готовності до виконання службових обов'язків, ніж просто дотримання часових етапів відновлення.

Ключові слова: дистальний розрив сухожилля біцепса, анкерна фіксація, рання мобілізація, супінаційна сила, ентезисне загоєння, функціональна симетрія, військовослужбовці, повернення до служби.

Вступ. Дистальний розрив сухожилля двоголового м'яза плеча є травмою, що критично порушує супінаційний момент передпліччя та знижує ефективність згинання ліктя під навантаженням. За біомеханічними даними, дистальне сухожилля біцепса є провідним генератором супінаційного моменту, особливо при 90° згинанні ліктя; його втрата асоціюється зі зменшенням сили супінації до 30-50 % та функціональним дефіцитом у складних рухових ланцюгах [1, 2]. У військовослужбовців, зокрема підрозділів спеціального призначення, це має безпосередні операційні наслідки: маніпуляції зі зброєю та спорядженням, робота у нестабільних положеннях, евакуація поранених і тривале утримання вантажів потребують інтегрованого поєднання супінації + згинання + хвату + стабілізації плечового пояса. Навіть мінімальний дефіцит ротаційного моменту може знижувати точність, витривалість і швидкість виконання тактичних завдань.

Після хірургічної репарації формується зона «сухожилло-кістка» (ентезис), де загоєння відбувається через запально-проліферативну фазу з подальшою ремоделювальною матриксу та реорганізацією колагенових волокон. Із позицій механобіології сухожилля є високочутливою до механічного стимулу тканиною: контрольоване раннє навантаження активує механотрансдукцію, стимулює синтез колагену типу I і вирівнювання волокон уздовж лінії напруження, що підвищує жорсткість і несучу здатність тканини [3-5]. Натомість тривала іммобілізація сприяє «stress shielding», дезорганізації матриксу, формуванню адгезій і зниженню ковзання сухожилля, що потенційно відтерміновує відновлення функціональної толерантності до навантаження [4, 5].

Ключовим обмежувальним фактором ранньої мобілізації є первинна механічна стабільність фіксації. Біомеханічні порівняння технік репарації демонструють відмінності у жорсткості конструкції, граничному

навантаженні до відмови й опорі циклічному навантаженню, що визначає «вікно безпеки» для старту пасивних та асистованих рухів [6]. Анкерні системи забезпечують анатомічну репозицію і достатню первинну стабільність, однак клінічні протоколи мобілізації часто варіюють, а критерії безпечного навантаження є не стандартизовані.

Сучасні клінічні дані вказують, що рання контрольована мобілізація після репарації довгого сухожилля біцепса може бути безпечною за умови дотримання біологічних і механічних меж. Рандомізоване дослідження не продемонструвало зростання частоти ускладнень або рерозривів при ранньому відновленні рухів для певних технік фіксації [1]. Систематичний огляд і метааналіз також не виявили клінічно значущих відмінностей у ROM та PRO між ранньою та відкладеною мобілізацією, підкреслюючи потребу у більш чітких, технічно-специфічних алгоритмах [2]. Показники повернення до спорту після репарації довгого сухожилля біцепса є високими, однак гетерогенність протоколів і відсутність військово-специфічних критеріїв повернення обмежують екстраполяцію результатів на популяції з екстремальними фізичними вимогами [7, 8].

У військовому контексті критерієм успіху є не лише відновлення ізольованої сили чи ROM, а функціональна толерантність до високих комбінованих і повторюваних навантажень, здатність підтримувати точність у стані фізичного та психоемоційного стресу, швидке повернення до повноцінної служби без компроматації ентезисного загоєння. Це зумовлює необхідність інтеграції біомеханічних принципів (первинна стабільність фіксації, опір циклічному навантаженню), механобіології (оптимальне дозування навантаження у фазі проліферації/ремоделяції) та клінічних критеріїв функціональної готовності.

Отже, оцінка ефективності ранньої пасивної та асистованої мобілізації після анкерної репарації дистального сухожилля біцепса у військовослужбовців є науково обґрунтованою та стратегічно важливою для військової медицини. Розробка доказово-специфічних критеріїв безпечного раннього навантаження має потенціал оптимізувати строки повернення до служби, зберігаючи якість ентезисного ремоделювання та довготривалу функціональну адаптацію.

Мета дослідження – оцінити вплив ранньої пасивної та асистованої мобілізації після анкерної репарації дистального сухожилля біцепса на відновлення супінаційної сили, функціональної толерантності до навантаження та критерії бойової готовності у військовослужбовців сил спеціальних операцій.

Об'єкт і методи дослідження. У дослідження включено 4 військовослужбовці сил спеціальних операцій віком 36–49 років із гострим повним дистальним розривом сухожилля біцепса, підтвердженим клінічно та інструментально. Пацієнти характеризувалися високим рівнем фізичної підготовки, регулярним виконанням силових і тактичних завдань, необхідністю швидкого повернення до повноцінної службової діяльності. Усі пацієнти перенесли первинну репарацію сухожилля із використанням анкерних гвинтів та фіксацією до бугристості променевої кістки. Фіксація виконувалася з урахуванням анатомічної репозиції

ентезису для відновлення фізіологічного плеча сили супінації.

Критерії включення: гострий розрив (< 14 діб), первинна анкерна репарація, відсутність супутніх переломів, відсутність неврологічного дефіциту, активна військова служба. Критерії виключення: хронічні розриви, ревізійні втручання, системні колагенопатії, порушення комплаєнсу.

Усі військовослужбовці надали добровільну інформовану згоду на участь у дослідженні після отримання повної інформації про його мету, методи та можливі ризики.

Первинна стабільність фіксації оцінювалася інтраопераційно, що дозволяло ініціювати контрольовану ранню мобілізацію відповідно до механічних характеристик конструкції.

Реабілітація ґрунтувалася на принципах механобіології сухожилка та включала ранню пасивну мобілізацію (2–3 доба), асистовану супінацію/пронацію, ізометричну активацію синергістів, поступову інтеграцію функціонального навантаження, яке дозувалося відповідно до фаз загоєння ентезису та клінічної відповіді тканини, з урахуванням уникнення циклічної перевтоми фіксації у ранній проліферативній фазі.

Оцінювання функціонального відновлення після анкерної репарації дистального сухожилля біцепса здійснювалося за стандартизованим біомеханічно-клінічним протоколом, що поєднував об'єктивні силові вимірювання, клінічні показники та функціональні тести. Контралатеральна кінцівка використовувалася як внутрішній контроль для визначення міжкінцівкової симетрії.

Біомеханічна оцінка включала ізометричну динамометрію супінації передпліччя у стандартизованому положенні (лікоть 90° згинання, плече у нейтральному положенні). Пацієнт виконував три максимальні довільні скорочення тривалістю 3–5 секунд з інтервалом відпочинку 60 секунд. Тоді аналізували середнє значення. Відтворюваність вимірювань контролювали шляхом повторного тестування на двох послідовних візитах, розраховуючи коефіцієнт внутрішньокласової кореляції (ICC). Показники сили виражали у відсотках від контралатеральної кінцівки з використанням індексу міжкінцівкової симетрії (Limb Symmetry Index, LSI), який широко застосовується у спортивній медицині та реабілітації як об'єктивний критерій функціонального відновлення. Значення $\geq 90\%$ LSI розцінювали як клінічно достатній рівень відновлення для переходу до наступного етапу навантаження, що узгоджується з міжнародними рекомендаціями щодо повернення до спорту та роботи після травм верхньої кінцівки.

Аналіз витривалості проводили шляхом виконання повторних ізометричних скорочень на рівні 60 % від максимальної сили здорової кінцівки з фіксацією кількості повторів до зниження сили на 20 %. Такий підхід дозволяє оцінити толерантність до циклічного навантаження та функціональну стійкість комплексу «сухожилля-кістка».

Клінічна оцінка включала гоніометрію активного та пасивного обсягу рухів у ліктьовому суглобі. М'язову силу згинання та супінації оцінювали за шкалою Medical Research Council (MRC), яка широко використовується у клінічній практиці для градації

м'язового дефіциту. Інтенсивність болю визначали за візуальною аналоговою шкалою (VAS), валідність та чутливість якої до змін підтверджені у численних клінічних дослідженнях.

Функціональна оцінка включала поетапний тест підйому вантажу, динамічні супінаційно-пронаційні рухи під навантаженням та військово-специфічні координаційні вправи. Оцінювали не лише пікову силу, а й якість рухового контролю, відсутність компенсаторних механізмів та здатність підтримувати стабільність суглоба. Поєднання об'єктивних силових показників із функціональними тестами відповідає сучасним рекомендаціям щодо багатовимірної оцінки готовності до повернення до діяльності [9].

Таким чином, застосований протокол оцінювання базувався на валідованих інструментах, індексі міжкінцівкової симетрії (LSI) та концепції мінімально клінічно значущих змін, що забезпечує високий рівень методологічної обґрунтованості та відтворюваності результатів.

Динаміку показників аналізували у часовому розрізі та у відсотковому співвідношенні до контралатеральної кінцівки.

Результати дослідження та їх обговорення.

Усі чотири військовослужбовці сил спеціальних операцій віком 36–49 років перенесли анкерну репарацію дистального сухожилля біцепса без інтраопераційних та післяопераційних ускладнень. Контралатеральна кінцівка використовувалася як внутрішній функціональний контроль, що дозволило об'єктивно оцінити ступінь відновлення сили та рухливості з урахуванням високого рівня фізичної підготовки пацієнтів.

На першому тижні після операції активний обсяг згинання ліктя становив у середньому $38^{\circ} \pm 7^{\circ}$, що відповідало приблизно 34 % від показників контралатеральної кінцівки, тоді як пасивний ROM досягав $64^{\circ} \pm 9^{\circ}$ (58 % від здорової сторони). До четвертого тижня активний ROM зріс до 82 % від контралатеральної кінцівки, а на восьмому тижні – до 94 %. На дванадцятому тижні різниця між оперованою та здоровою кінцівкою не перевищувала 3-5 %, що клінічно відповідало повному функціональному відновленню рухливості. Відсутність значущої асиметрії у кінцевих показниках підтверджує, що рання пасивна мобілізація не призвела до формування рубцевих обмежень або вторинної капсулярної контрактури.

Динаміка відновлення супінаційної сили демонструвала більш виражену початкову асиметрію. На другому тижні супінаційна сила становила $34 \% \pm 6 \%$ від контралатеральної кінцівки, що відображає як м'язову інгібіцію, так і ранні обмеження навантаження. На четвертому тижні цей показник зріс до $61 \% \pm 8 \%$, на восьмому – до $87 \% \pm 5 \%$, а до дванадцятого тижня досяг $96 \% \pm 4 \%$. Таким чином, функціональна асиметрія поступово зменшувалася і практично нівелиювалася до кінця періоду спостереження. З біомеханічної точки зору це свідчить про відновлення ефективного плеча сили біцепса та адекватну передачу крутного моменту через зону ентезису. Враховуючи, що супінація є ключовою для стабілізації хвату та маніпуляцій зі зброєю, досягнення понад 90 % сили відносно

здорової кінцівки розцінювалося як критерій оперативної готовності.

Сила згинання ліктя демонструвала швидше відновлення. На шостому тижні вона становила 88–91 % від контралатеральної сторони, а на восьмому – 94–97 %. До дванадцятого тижня різниця не перевищувала 2–4 %. Така динаміка узгоджується з роллю синергістів (m. brachialis, m. brachioradialis), які частково компенсують функцію біцепса, зменшуючи початкову функціональну асиметрію у згинанні порівняно з супінацією.

Функціональна толерантність до навантаження також оцінювалася відносно контралатеральної кінцівки. На четвертому тижні пацієнти витримували приблизно 55–60 % навантаження, яке демонструвала здорова сторона. На восьмому тижні цей показник становив 85–90 %, а на дванадцятому – 95 % і більше. Тест супінаційної витривалості продемонстрував 78 % від показників контралатеральної кінцівки на шостому тижні та 93 % – на дванадцятому. Зменшення функціональної асиметрії до мінімальних значень є ключовим для військової популяції, оскільки навіть невеликий дефіцит сили або витривалості може порушувати баланс рухових ланцюгів під час виконання тактичних завдань.

Отримані об'єктивні результати підтверджуються даними QuickDASH, відповідно яких бальні показники знизилися до 9 ± 3 , що корелювало з відновленням понад 90 % функції відносно контралатеральної сторони. Зменшення ВАШ до $0,8 \pm 0,4$ балів також відповідало мінімальній функціональній асиметрії.

Інтегрально отримані результати свідчать, що рання пасивна та асистована мобілізація після анкерної репарації дозволяє досягти практично повної симетрії сили та рухливості між кінцівками протягом 12 тижнів без ознак структурної неспроможності фіксації (табл.1).

Поступове зменшення асиметрії підтверджує адекватність дозованого механічного стимулу для ентезисного ремоделювання та функціональної адаптації сухожилля до ротаційних навантажень. Для військово-службовців це має стратегічне значення, оскільки функціональна симетрія є одним із ключових критеріїв повернення до повноцінної бойової діяльності.

Отримані результати свідчать, що рання пасивна та асистована мобілізація після анкерної репарації дистального сухожилля біцепса у військовослужбовців сил спеціальних операцій забезпечує швидке відновлення функціональної симетрії між оперованою та контралатеральною кінцівкою без ознак структурної неспроможності фіксації. Поступове зменшення асиметрії сили супінації між кінцівками з 66 % дефіциту на ранньому етапі до <5 % на 12-му тижні відображає відновлення ефективної передачі крутного моменту через ентезис.

Супінаційний момент є найбільш специфічним функціональним показником для дистального біцепса, оскільки саме він визначає передачу обертового зусилля від плеча до передпліччя під навантаженням [10, 11].

Таблиця 1

Динаміка функціонального відновлення оперованої кінцівки порівняно з контралатеральною
(Mean \pm SD)

Показник	2 тиждень	4 тиждень	8 тиждень	12 тиждень
Активний ROM згинання (%)	42 \pm 6	82 \pm 7	94 \pm 4	98 \pm 3
Пасивний ROM (%)	58 \pm 8	88 \pm 6	97 \pm 3	100 \pm 2
Супінаційна сила (%)	34 \pm 6	61 \pm 8	87 \pm 5	96 \pm 4
Сила згинання (%)	48 \pm 7	79 \pm 6	94 \pm 3	97 \pm 2
Функціональна толерантність до навантаження (%)	-	58 \pm 9	88 \pm 6	95 \pm 4
Супінаційна витривалість (%)	-	65 \pm 7	78 \pm 6	93 \pm 5
QuickDASH (бали)	52 \pm 5	31 \pm 6	15 \pm 4	9 \pm 3
VAS (бали)	5.1 \pm 0.8	3.2 \pm 0.7	1.6 \pm 0.5	0.8 \pm 0.4

Біомеханічно дистальний біцепс генерує максимальний супінаційний момент під час згинання ліктя до 90°, що відповідає оптимальному плечу сили відносно осі обертання [10]. Після розриву порушується не лише пікова сила, але й координаційна синергія між біцепсом, плечовим м'язом та супінатором, що зумовлює компенсаторне переваження синергістів [11]. Відновлення \geq 90 % міжкінцівкової симетрії до 9–10 тижня свідчить про функціонально адекватне ремоделювання косплексу «сухожилля–кістка» та відновлення механічної ефективності ентезису.

З позицій механобіології щодо загоєння сухожилля контрольоване навантаження є ключовим регулятором процесів репарації. Механічний стимул активує сигнальні каскади, що модулюють експресію TGF- β , синтез колагену типу I та формування організованого позаклітинного матриксу [11, 13]. Збільшення співвідношення колагену I/III асоціюється з підвищенням міцності сухожилля та його жорсткості. Огляд механобіологічних механізмів загоєння комплексу «сухожилля–кістка» підтверджує, що дозоване механічне навантаження оптимізує ремоделювання ентезису та сприяє формуванню функціонально зрілого градієнтного переходу між сухожиллям і кісткою [13]. Натомість тривала іммобілізація може призводити до явища «stress shielding», дезорганізації колагенових волокон та зниження механічної жорсткості тканини. Експериментальні моделі демонструють, що депривація навантаження погіршує якість матриксу та механічні властивості сухожилка, що підтверджує негативний вплив надмірної іммобілізації [3].

Порівняння із сучасними клінічними дослідженнями підтверджує безпечність ранньої мобілізації [1, 2, 14]. У рандомізованому дослідженні Bergman J.W. et al. (2021) не виявлено зростання частоти ускладнень або гірших функціональних результатів при ранньому відновленні рухів після репарації дистального біцепса [1]. Метааналіз Simpson E.R. et al. (2025) також підтвердив відсутність клінічно значущих відмінностей між раннім і відкладеним у часі відновленням щодо ROM [2].

Систематичні огляди повернення до спорту після репарації дистального сухожилля біцепса демонструють високий рівень відновлення, однак підкреслюють гетерогенність критеріїв та відсутність стандартизованих функціональних показників готовності [7, 8]. Це особливо актуально для високоактивних популяцій, де функціональні вимоги перевищують середньостатистичні [15, 16].

Тип фіксації є критично важливим фактором у визначенні можливості ранньої мобілізації [17, 18].

Анкерні системи забезпечують достатню первинну стабільність і дозволяють застосовувати контрольоване навантаження без перевищення критичних деформацій у зоні шва [12]. Prud'homme-Foster M. et al. (2015) виявили, що пряма репарація призводить до втрати 15 % сили супінації в нейтральному положенні та 40 % при супінації 45° [19].

Біомеханічне обґрунтування ролі механічного навантаження репарації сухожилля підтверджує, що за умови адекватної стабільності фіксації рання мобілізація може виступати стимулятором тканинного ремоделювання [12, 19, 20].

Військовий контекст підсилює клінічну значущість отриманих результатів. Повернення до служби означає здатність виконувати повторювані ротаційні навантаження високої інтенсивності в умовах фізичного та психоемоційного стресу. Навіть мінімальна асиметрія сили супінації може впливати на стабільність хвату та контроль руху при маніпуляції зброєю або спорядженням. Досягнення 95–98 % сили відносно контралатеральної кінцівки до 12-го тижня має стратегічне значення для оцінки функціональної готовності та мінімізації ризику вторинних переважень.

Обмеження дослідження включають невелику вибірку та відсутність контрольної групи, що лімітує можливість широкого узагальнення результатів. Відсутність морфологічної верифікації (МРТ або УЗД) не дозволяє безпосередньо корелювати клінічні показники з мікроструктурними змінами ентезису. Проте використання контралатеральної кінцівки як внутрішнього контролю підвищує валідність функціональної оцінки.

Загалом результати дослідження підтримують концепцію, що рання пасивна та асистована мобілізація після анкерної репарації дистального сухожилля біцепса є механобіологічно обґрунтованою та клінічно безпечною стратегією у високоактивній військовій популяції. Отримані дані формують підґрунтя для розробки стандартизованих критеріїв повернення до служби, що мають базуватися на показниках міжкінцівкової симетрії, супінаційної витривалості та функціональної толерантності до навантаження, а не лише на часових параметрах післяопераційного періоду.

Висновки. Рання пасивна та асистована мобілізація після анкерної репарації дистального сухожилля біцепса у військовослужбовців сил спеціальних операцій є клінічно безпечною стратегією, що не супроводжується ознаками структурної неспроможності

фіксації у ранньому післяопераційному періоді. Застосований протокол сприяв швидкому відновленню функціональної симетрії між оперованою та контралатеральною кінцівкою. До 12-го тижня супінаційна сила досягала понад 95 % від здорової сторони, а обсяг рухів – практично повної нормалізації, що відповідає критеріям функціональної готовності.

Контрольований ранній механічний стимул, відповідно до фаз ентезисного загоєння, ймовірно, сприяє оптимальному ремоделюванню сухожилля, покращуючи якість функціонального відновлення без збільшення ризику ускладнень.

Для військової популяції визначальним показником ефективності є не лише відновлення ROM або ізольованої сили, а досягнення функціональної симетрії між кінцівками та функціональної толерантності до комбінованих навантажень. Представлений підхід дозволяє інтегрувати клінічні та операційні критерії повернення до служби.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у проведенні багатоцентрових проспективних досліджень із більшою вибіркою для підтвердження безпечності та ефективності ранньої мобілізації у високоактивній популяції, а також вивченні довгострокових результатів (≥ 12 місяців) з оцінкою стійкості ентезисного ремоделювання при повторюваних високих навантаженнях.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Заява про доступність даних: Дані, що підтверджують результати цього дослідження, доступні у автора-кореспондента за обґрунтованим запитом.

References:

- Bergman JW, Silveira A, Parks BG, et al. Is immobilization necessary for early return to work following distal biceps repair using a cortical button technique? A randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2021 Oct 6; 103(19):1763-1771.
- Simpson ER, Jawanda H, Patel I, et al. No clinically significant differences in patient-reported outcomes and range of motion between early and delayed mobilization after primary distal biceps tendon repair: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2025; 53(1). doi.10.1177/03635465251317207
- Galloway MT, Lalley AL, Shearn JT. The role of mechanical loading in tendon development, maintenance, injury, and repair. *J Bone Joint Surg Am.* 2013; 95(17):1620-1628. doi.10.2106/JBJS.L.01004
- Hammerman M, et al. Deprivation of loading during rat Achilles tendon healing alters tissue organization and mechanical properties. *Sci Rep.* 2024; 14(1):23380. doi.10.1038/s41598-024-74783-w
- Dong Guo. The regulatory effects of mechanical loading on cellular behavior during Tendon-Bone healing. *Materials & Design.* 2025; 261:115364. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2025.115364
- Olsen JR, Shields E, Williams RB, et al. A comparison of cortical button with interference screw versus suture anchor techniques for distal biceps brachii tendon repairs. *J Shoulder Elbow Surg.* 2014; 23(11):1607-1611. https://doi.org/10.1016/j.jse.2014.06.049
- Boufadel P, Daher M, Lopez R, Fares MY, et al. Return to sport after distal biceps tendon repair: a systematic review. *Am J Sports Med.* 2025; 53(7):1769-1778. https://doi.org/10.1177/03635465241295618
- Wörner EA, van Lieshout WAM, Reijman M, Eygen-daal D. Return to sports following distal biceps tendon repair: a current concepts review. *J ISAKOS.* 2023; 8(4):227-231. doi.10.1016/j.jisako.2023.02.004
- Dingenen B, Gokeler A. Optimization of the return-to-sport paradigm after ACL reconstruction: a critical step back to move forward. *Sports Med.* 2017; 47(8):1487-1500. https://doi.org/10.1007/s40279-017-0674-6
- Güleçyüz MF, Pietschmann MF, Michalski S, Eberhard FM, Crispin A, Schröder C, Mittermüller MJ, Müller PE. Reference Values of Flexion and Supination in the Elbow Joint of a Cohort without Shoulder Pathologies. *Biomed Res Int.* 2017; 2017: 1654796. https://doi.org/10.1155/2017/1654796.
- Elgendy M, Mersal M, Embaby O, Elsaidy S, Alsonbaty M. Biceps Tendon Rupture: Contemporary Evidence, Evolving Techniques, and a Mechanics-to-Management Clinical Framework. *Cureus.* 2025; 24; 17(11): e97718. https://doi.org/10.7759/cureus.97718.
- Hochberger F, Hess J, Konrads C, Heinz T, Segatz E, Rudert M, et al. Short-term clinical and functional outcomes of distal biceps tendon fixation: all-suture vs titanium anchors. *JSES Int.* 2025; 9:1400-1405. https://doi.org/10.1016/j.jseint.2025.03.012
- Phelps BM, Birnbrich K, et al. Postoperative rehabilitation and return to sport criteria following distal biceps tendon rupture surgery. *JSES Int.* 2025; 9(3):929-933. doi.10.1016/j.jseint.2025.02.013
- Smith JRA, Amirfeyz R. Does immediate elbow mobilization after distal biceps tendon repair carry the risk of wound breakdown, failure of repair, or patient dissatisfaction? *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2016; 25(5):810-815.
- Lappen S, Fritsch L, Hinz M, Lacheta L, Siebenlist S, Ritsch M. Distal Biceps Tendon Repair in Competitive Strength Athletes: A Retrospective Series of 183 Athletes. *Orthop J Sports Med.* 2025; 13(4):23259671251322700. https://doi.org/10.1177/23259671251322700
- Lorenz D. Progressive Loading in a Strongman Following Distal Biceps Repair: Re-Thinking Load Progression - A Case Report. *Int J Sports Phys Ther.* 2022; 17(7):1430-1441. doi.10.26603/001c.39796
- Panagopoulos A, Tatani I, Tsoumpos P, Ntourantonis D, Pantazis K, Triantafyllopoulos IK. Clinical Outcomes and Complications of Cortical Button Distal Biceps Repair: A Systematic Review of the Literature. *J Sports Med (Hindawi Publ Corp).* 2016; 2016:3498403. https://doi.org/10.1155/2016/3498403
- Huynh T, Leiter J, MacDonald PB, Dubberley J, Stranges G, Old J, Marsh J. Outcomes and Complications After Repair of Complete Distal Biceps Tendon Rupture with the Cortical Button Technique. *JB JS Open Access.* 2019; 4(3):e0013.1-6. https://doi.org/10.2106/JBJS.OA.19.00013
- Prud'homme-Foster M, Louati H, Pollock JW, et al. Proper placement of the distal biceps tendon during repair improves supination strength - a biomechanical analysis. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015; 24:527-532.
- Dong Guo. The regulatory effects of mechanical loading on cellular behavior during Tendon-Bone healing.

Materials & Design 2026, 261, 115364.
https://doi.org/10.1016/j.matdes.2025.115364.

UDC 616.833.3-001-036.82:615.851.3

THE EFFECT OF EARLY PASSIVE AND ASSISTED MOBILIZATION ON FUNCTIONAL RECOVERY IN MILITARY PERSONNEL AFTER ANCHOR REPAIR OF THE DISTAL BICEPS TENDON

O.O. Bespalova*¹, A.M. Sitovskiy², O.A. Yakobson³,
I.V. Mezentseva², Ia.A. Ushko²

¹Sumy Makarenko State Pedagogical University,
Department of Therapy and Rehabilitation,
Sumy, Ukraine

²Institution of higher education «Academy of
Recreational Technologies and Law», Department of
Physical Therapy, Lutsk, Ukraine

³Lesya Ukrainka Volyn National University, Department
of anatomy, normal and pathological physiology,
Lutsk, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-0081-6021,
Scopus ID: 57219092012, e-mail: i-ozon777@i.ua

ORCID ID: 0000-0002-7434-7475,
Scopus ID: 57202811941,
e-mail: andriy.sitovskiy@gmail.com

ORCID ID: 0000-0002-7340-2014,
Scopus ID: 58455064100,
e-mail: elena19810905@gmail.com

ORCID ID: 0000-0002-1455-9708,
Scopus ID: 57221469840,
e-mail: mezencevainna2@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-3017-7766,
Scopus ID: 57220176105,
e-mail: ianaushko21@gmail.com

*Corresponding author: i-ozon777@i.ua

Abstract. Distal biceps tendon rupture results in substantial loss of supination strength and functional performance, particularly in highly active populations. In military personnel, especially special operations forces, optimal restoration of forearm supination torque and upper limb load tolerance is essential for operational readiness. While surgical repair using suture anchors provides reliable fixation, the optimal timing and intensity of postoperative mobilization remain debated, particularly in individuals exposed to high mechanical demands. To evaluate the safety and functional effectiveness of early passive and assisted mobilization following suture anchor repair of distal biceps tendon rupture in young special operations soldiers,

with emphasis on restoration of interlimb symmetry and readiness for return to duty.

A prospective controlled clinical case series included four active-duty special operations soldiers aged 36-49 years with acute distal biceps tendon rupture. All patients underwent primary suture anchor repair. A structured early rehabilitation protocol was initiated on postoperative day 2-3, incorporating passive mobilization, assisted supination-pronation exercises, and progressive controlled loading based on biological healing phases. Outcomes were assessed at 2, 4, 8, and 12 weeks and included active and passive range of motion (ROM), supination and flexion strength (expressed as percentage of the contralateral limb), functional load tolerance, supination endurance, QuickDASH, and pain (VAS). The contralateral limb served as an internal functional control.

No reruptures or fixation failures were observed. Active ROM recovered from 42 % of the contralateral limb at 2 weeks to 98 % at 12 weeks. Supination strength improved from 34 % at week 2 to 96 % at week 12, with mean time to 90 % recovery of 9.5 weeks. Flexion strength reached 94-97 % symmetry by week 8-12. Functional load tolerance progressed from 58 % at week 4 to 95 % at week 12. Supination endurance achieved 93 % symmetry by week 12. QuickDASH scores improved from 52±5 to 9±3, and VAS decreased from 5.1±0.8 to 0.8±0.4. Restoration of >90 % interlimb symmetry correlated with return to full military duties by week 12.

Early controlled mobilization following suture anchor repair did not compromise structural stability and facilitated rapid functional recovery. From a mechanobiological perspective, controlled mechanical loading likely promoted favorable collagen alignment and enthesis remodeling, supporting restoration of torque transmission. In a military population exposed to repetitive high-load rotational stress, achieving interlimb symmetry rather than time-based milestones appears more clinically relevant for determining readiness to return to duty.

Early passive and assisted mobilization after distal biceps tendon repair with suture anchors is safe and functionally effective in young high-demand military personnel. The protocol enabled restoration of supination strength, ROM, and load tolerance with minimal residual asymmetry. Interlimb symmetry metrics may serve as objective criteria for operational return-to-duty decision-making.

Keywords: Distal biceps tendon; Suture anchor repair; Early mobilization; Supination strength; Military personnel; Return to duty; Entthesis healing; Functional symmetry.

Conflict of interest: absent.



Copyright © O.O. Беспалова, А.М. Сітовський, О.О. Якобсон, І.В. Мезенцева, Я.А. Ушко, 2026

Рукопис надійшов в редакцію: 28.02.2026 р.

Рукопис повернутий на доопрацювання: 03.03.2026 р.

Рукопис отриманий після доопрацювання: 07.03.2026 р.

Рукопис прийнятий до друку: 12.05.2026 р.