

ОГЛЯДИ ТА РЕЦЕНЗІЇ

УДК 616.718-001.45-089.843-036.82(048.8)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-598720263110-118>**Сучасні програми реабілітації після трансфеморального остеointегративного протезування із screw-fit та press-fit системами: нарративний огляд****О. А. Галузинський¹, О. М. Ліненко², М. Р. Рудас³,
Й. Ч. Дункан⁴, Ф. В. Олійник⁴**¹ ДУ «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка НАМН України», Харків² ТОВ «Біонічні технології», Київ, Україна³ ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України», Київ⁴ КНП «Міська клінічна лікарня № 11» ОМР, Одеса, Україна

Osseointegrated prosthetic rehabilitation is a modern approach for patients after transfemoral amputation; however, screw-fit and press-fit systems differ in design, primary stability, and postoperative loading strategies. Objective. To compare contemporary rehabilitation programs after transfemoral osseointegrated prosthetic implantation using screw-fit and press-fit systems. Materials and methods. A narrative review of publications from 2001 to 2026 was conducted using PubMed, Scopus, and Web of Science. Thirty-one sources reporting on the timing and gradual increase of axial loading, use of training or interim prostheses, criteria for transition between rehabilitation stages, functional outcomes, and complications were included. Results. Screw-fit systems, particularly OPRA, are generally associated with more gradual loading after two-stage surgery. Some press-fit protocols allow earlier controlled loading and faster transition to functional activity. However, published protocols differ substantially in timing, criteria for transition between stages, and outcome assessment, and no universal rehabilitation standard has been established. Conclusions. Implant fixation type influences the pace of rehabilitation, but current evidence does not demonstrate an unequivocal long-term functional advantage of one system over another. Loading should be increased individually on the basis of clinical and functional criteria. Keywords. Osseointegration; transfemoral amputation; rehabilitation; screw-fit; press-fit.

Остеointегративне протезування є сучасним методом реабілітації пацієнтів після трансфеморальної ампутації, проте screw-fit і press-fit системи відрізняються конструкцією, первинною стабільністю та підходами до післяопераційного навантаження. Мета. Порівняти сучасні програми реабілітації після трансфеморального остеointегративного протезування із screw-fit та press-fit системами. Методи. Проведено нарративний огляд публікацій 2001–2026 років у PubMed, Scopus і Web of Science. До аналізу включено 31 джерело, що містило дані про строки та поетапне збільшення осьового навантаження, використання тренувальних або проміжних протезів, критерії переходу між етапами, функціональні результати й ускладнення. Результати. Для screw-fit систем, зокрема OPRA, характерне більш поступове введення навантаження після двоетапного хірургічного лікування. Окремі press-fit протоколи дозволяють раніше розпочинати контрольоване навантаження та швидше переходити до функціональної активності. Водночас опубліковані протоколи суттєво відрізняються за строками, критеріями переходу між етапами й оцінкою результатів; універсальний стандарт реабілітації не сформований. Висновки. Тип фіксації імплантата впливає на темп реабілітації, проте наявні дані не доводять безумовної переваги певної системи щодо довгострокових функціональних результатів. Збільшення навантаження має бути індивідуалізованим і ґрунтуватися на клінічних і функціональних критеріях.

Ключові слова. Остеointегративне протезування, трансфеморальна ампутація, реабілітація, screw-fit, press-fit

Вступ

В умовах повномасштабної війни в Україні суттєво зросла кількість пацієнтів із травматичними ампутаціями нижніх кінцівок, зокрема трансфеморальними ампутаціями. Мінно-вибухові та вогнепальні травми призводять до складних клінічних випадків, що потребують сучасних підходів до протезування та реабілітації. Цей наративний огляд зосереджено на реабілітації дорослих пацієнтів після трансфеморального остеointегративного протезування.

Традиційні гільзові протези мають низку обмежень, зокрема дискомфорт, нестабільність, ураження м'яких тканин та обмеження функціональної активності. Через це остеointегративне протезування розглядається як альтернатива, що забезпечує пряме з'єднання зовнішнього протеза з кісткою та може покращувати функціональні результати й якість життя пацієнтів [1–2].

Сучасні остеointегративні системи відрізняються принципом первинної механічної фіксації імплантата й умовно поділяються на screw-fit і press-fit [3–4]. У screw-fit системах, типовим представником яких є OPRA, первинна стабільність забезпечується різьбовою фіксацією імплантата в кістковому каналі; класичний протокол передбачає двоетапне хірургічне лікування та поступове збільшення осьового навантаження після встановлення абатмента [5–10]. У press-fit системах (ILP, OPL та ін.) первинна стабільність досягається за рахунок щільної інтерференційної посадки імплантата та контакту його поверхні з кістковою тканиною. Залежно від конкретної системи можуть застосовуватися одно- або двоетапні хірургічні протоколи, а в низці програм контрольоване осьове навантаження і протезування розпочинають раніше [11–19].

Реабілітація після остеointегративного протезування в пацієнтів із трансфеморальною ампутацією є поетапним мультидисциплінарним процесом, що передбачає поступове збільшення осьового навантаження з урахуванням типу імплантата та його первинної стабільності, моніторинг больового синдрому і стану стоми, профілактику інфекційних ускладнень, відновлення м'язової сили, рівноваги та правильного стереотипу ходи. Важливе значення має об'єктивний контроль навантаження, зокрема зі застосуванням підлогових ваг, а також індивідуалізація реабілітаційної програми відповідно до рівня ампутації, стану кісткової та м'яких тканин, супутньої патології, фізичної підготовленості та функціо-

нальних можливостей пацієнта. Реабілітація потребує узгодженої взаємодії хірурга, лікаря фізичної та реабілітаційної медицини і протезиста [2–3, 9, 17].

Водночас незважаючи на накопичення клінічного досвіду застосування остеointегративних систем, підходи до післяопераційної реабілітації залишаються неоднорідними. Опубліковані програми відрізняються строками початку та темпами збільшення осьового навантаження, термінами підключення тренувального і постійного протеза, критеріями переходу між етапами та методами контролю функціонального відновлення. Більшість протоколів є системо- або центр-специфічними, а прямі клінічні порівняння реабілітаційних стратегій після screw-fit та press-fit остеointеграції обмежені. Тому залишається невирішеним питання, якою мірою конструктивні особливості системи та пов'язаний із нею хірургічний протокол визначають можливість більш раннього навантаження і темп функціонального відновлення.

Мета: узагальнити та порівняти сучасні програми реабілітації після остеointегративного протезування зі застосуванням screw-fit і press-fit систем з урахуванням строків початку й поетапного збільшення осьового навантаження, термінів підключення протеза, критеріїв переходу між етапами та функціональних результатів.

Матеріал і методи

Проведено наративний огляд наукової літератури щодо реабілітації дорослих пацієнтів після трансфеморального остеointегративного протезування. Пошук публікацій здійснювали в електронних базах PubMed, Scopus та Web of Science серед робіт, опублікованих у 2001–2026 р., із використанням ключових слів та їх комбінацій: «osseointegration», «transfemoral amputation», «rehabilitation», «OPRA», «OPL», «ILP», «press-fit», «screw-fit». Огляд не планувався як систематичний, тому формальну процедуру відбору та звітування за PRISMA і оцінювання ризику систематичних помилок не застосовували.

Основною цільовою популяцією були дорослі пацієнти з трансфеморальною ампутацією, яким виконували остеointегративне протезування. Дослідження зі змішаними когортами осіб із трансфеморальними й транстибальними ампутаціями включали за умов наявності даних щодо реабілітаційного протоколу, збільшення осьового навантаження або функціональних результатів, релевантних трансфеморальному остеointегративному

протезуванню. Строк від ампутації до остеоінтеграції та етіологію ампутації не використовували як окремі критерії відбору, оскільки ці характеристики суттєво відрізнялися між дослідженнями; переважно клінічні когорти включали пацієнтів зі сформованою куксою та попереднім досвідом використання гільзового протеза.

Критеріями включення були: клінічні дослідження остеоінтегративного протезування нижньої кінцівки; роботи, що характеризували screw-fit або press-fit системи; наявність даних щонайменше щодо одного з таких аспектів — строків початку та поетапного збільшення осьового навантаження, використання тренувального, проміжного або постійного протеза, критеріїв переходу між етапами реабілітації, функціональних результатів або ускладнень, здатних впливати на реабілітаційний процес. До аналізу також включали оглядові публікації, консенсусні документи та рекомендації, що містили релевантні дані щодо післяопераційної реабілітації. Наявність незалежної контрольної групи не була обов'язковою умовою включення.

Критеріями виключення були: дублікати; дослідження остеоінтеграції верхньої кінцівки; експериментальні, технічні або біомеханічні роботи без клінічно релевантних даних щодо реабілітації; публікації, які не містили інформації щодо післяопераційного навантаження, протезування, функціонального відновлення або ускладнень, пов'язаних із реабілітацією. Окремі публікації з післяопераційного дозованого навантаження нижньої кінцівки, що не стосувалися безпосередньо остеоінтегративного протезування, використовували лише як допоміжні джерела для характеристики методів об'єктивного контролю навантаження і не враховували для порівняння screw-fit і press-fit систем.

Відібрані джерела аналізували за дизайном дослідження, рівнем ампутації, типом остеоінтегративної системи, хірургічною тактикою, строками початку і темпами збільшення осьового навантаження, термінами підключення тренувального або постійного протеза, критеріями переходу між етапами реабілітації, функціональними результатами й ускладненнями.

До фінального аналізу включено 31 джерело: 17 оригінальних клінічних досліджень остеоінтегративного протезування, 1 протокол проспективного дослідження, 11 оглядових або консенсусно-рекомендаційних публікацій та 2 допоміжні емпіричні роботи. Серед 17 оригінальних клінічних досліджень 8 були проспек-

тивними, 3 — ретроспективними, 6 — іншими когортними, поздовжніми або обсерваційними.

Оскільки робота ґрунтувалася виключно на аналізі раніше опублікованих даних і не передбачала залучення пацієнтів або використання їхніх персональних медичних даних, окремого схвалення комісії з біоетики для проведення огляду не потребувалося.

Результати

Типи систем остеоінтегративного протезування. Screw-fit системи

Screw-fit (від англ. screw — «гвинт», fit — «фіксація, посадка») — це системи, в яких первинна стабільність імплантата досягається за рахунок різьбового з'єднання з кістковою тканиною. Класичним представником є OPRA system [5–6]. Конструктивні особливості: наявність різьби на поверхні імплантата, поступове вкручування в підготовлений кістковий канал, контрольоване позиціонування імплантата, відносно рівномірний розподіл навантаження вздовж різьби. Первинна стабільність досягається механічно, проте повноцінна остеоінтеграція формується поступово. Це обумовлює необхідність обмеження навантаження на ранніх етапах і більш тривалий реабілітаційний період. Хірургічна техніка — двоетапна (two-stage surgery). Перший етап: встановлення внутрішньокісткової частини імплантата, герметичне закриття м'яких тканин, період остеоінтеграції без осьового навантаження. Другий етап (через 3–6 міс.): формування стоми, встановлення абатмента, підключення до протеза. У протоколах OPRA перехід між етапами реабілітації передбачає поетапне дозоване осьове навантаження після другого етапу операції з наступним використанням короткого тренувального протеза та поступовим переходом до постійного протезування [7–9]. Залежно від конкретного OPRA-протоколу короткий тренувальний протез використовується після початку дозованого навантаження та переносимості пацієнтом попереднього етапу реабілітації [9–10].

Press-fit системи

Press-fit (від англ. press — «вдавлювати», fit — «щільна посадка») — це системи, в яких імплантат фіксується за рахунок щільного контакту з внутрішньою поверхнею кісткового каналу. До цієї групи належать, зокрема, ILP та OPL системи [11–14]. Конструктивні особливості імплантата: відсутність різьби, пориста або шорстка поверхня, фіксація за рахунок інтерференційної посадки, щільний контакт із кістковою кісткою.

Забезпечується висока первинна стабільність одразу після імплантації, що в окремих протоколах дозволяє раніше розпочинати контрольоване осьове навантаження та скорочувати строки проходження ранніх етапів реабілітації. Втручання під час застосування press-fit систем може виконуватися за одно- або двоетапною методикою залежно від конструкції імплантата та прийнятого клінічного протоколу [12, 14–16]. Прискорені протоколи реабілітації передбачають ранній початок контрольованого осьового навантаження з подальшим швидшим переходом до тренування ходи та використання протеза, хоча конкретні строки відрізняються залежно від системи та одно- або двоетапної хірургічної техніки [9, 12, 14]. У прискорених press-fit ILP/OPL протоколах підключення тимчасового або тренувального протеза можливе в більш ранні строки, проте терміни залежать від конкретної системи та хірургічного протоколу [17–19].

Етапи реабілітації для різних типів систем

Реабілітація після остеointегративного протезування в пацієнтів із трансфеморальною ампутацією має спільну структурну логіку, проте суттєво відрізняється за темпами й інтенсивністю навантаження залежно від типу фіксації імплантата.

Screw-fit системи (OPRA system)

Наведені нижче етапи є узагальненням даних протоколу OPRA та сучасних оглядів і рекомендацій [7, 9, 27], а не дослівним відтворенням однієї публікації. Після другого етапу операції (S2) загальна фізична реабілітація розпочинається раніше, тоді як осьове навантаження через абатмент вводять після загоєння м'яких тканин.

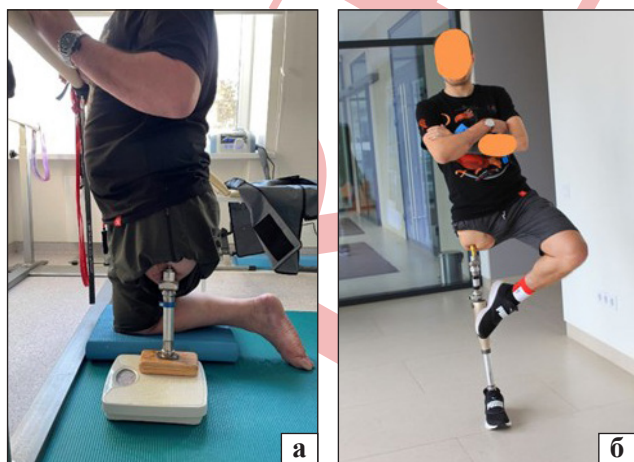


Рисунок. Фото контрольованого осьового навантаження: а) використання короткого тренувального протеза (screw-fit імплантат) із застосуванням підлогових ваг; б) пацієнт наприкінці реабілітаційного процесу з press-fit імплантатом

Етап 1 (перші 2–4 тижні після S2) — загоєння та рання мобілізація. У перші 1–2 тижні основну увагу приділяють загоєнню м'яких тканин і догляду за стоєю. Приблизно з 2-го тижня розпочинають легкі вправи на обсяг рухів у кульшовому суглобі без повного довільного м'язового скорочення; осьове навантаження через абатмент на цьому етапі не застосовують [7].

Етап 2 (орієнтовно з 4–6-го тижня після S2) — дозоване осьове навантаження на короткому тренувальному протезі. Його розпочинають після достатнього загоєння стоми та м'яких тканин; величину навантаження контролюють за допомогою підлогових ваг, як показано на рис. 1, а [7, 9].

Параметри залежать від варіанта OPRA-протоколу: у normal-speed режимі навантаження починають із 20 кг і збільшують приблизно на 10 кг щотижня; у half-speed — із 10 кг зі збільшенням приблизно на 5 кг щотижня [7].

Навантаження виконують короткими контрольованими сесіями з оцінюванням болю та стану стоми; виражений біль розглядають як ознаку можливого перевантаження й підставу для корекції режиму [7, 9].

Окрім контролю величини осьового навантаження, сучасні програми дедалі частіше рекомендують використовувати функціональні критерії переходу між етапами реабілітації, включаючи вивчення рівноваги, швидкості ходьби, переносимості фізичного навантаження та показників якості життя. Для оцінювання функціонального відновлення застосовують тести ходьби та мобільності, зокрема 6-хвилинний тест ходьби, Timed Up and Go, аналіз швидкості ходьби, рівноваги та використання допоміжних засобів [20–22].

Етап 3 — перехід до повнорозмірного протеза та тренування ходи. Після досягнення безболісного перенесення достатнього навантаження і належного контролю короткого тренувального протеза переходять до повнорозмірного, тренування ходи з допоміжними засобами та поступового збільшення тривалості користування. Конкретні строки відрізняються між протоколами і залежать від стану кісткової та м'яких тканин, переносимості навантаження та функціональної готовності пацієнта [7, 9, 27].

Press-fit системи (зокрема ILP/OPL та OGAAP-протоколи) характеризуються значною варіабельністю післяопераційного навантаження. Найдетальніше прискорений алгоритм описано для OGAAP-2; наведені нижче фази відображають саме цей протокол і не повинні автоматично переноситися на всі press-fit системи [9, 12, 14].

Фаза I — раннє дозоване навантаження. В OGAAP-2 її починають на 3-й день після операції: статичне осьове навантаження 20 кг протягом 20 хв двічі на день із щоденним збільшенням на 5 кг до досягнення 50 кг або 50 % маси тіла [12].

Фаза II — реабілітаційний протез. Після досягнення рекомендованого рівня наванта-

ження пацієнту встановлюють легкий реабілітаційний протез зі стабільним колінним модулем; продовжують вправи для м'язів тулуба, рівноваги та тренування ходи в паралельних брусах [12].

Фаза III — перехід до постійного протеза. Після безпечної мобілізації з реабілітаційним

Таблиця 1

Об'єктивні показники функціонального відновлення, що використовуються після трансфеморального остеointегративного протезування

Домен результатів	Використоване	Інформація після остеointеграції
Швидкість ходьби	10MWT, швидкість ходьби, самостійно обрана швидкість	Поліпшення в цивільній когорті OPRA; ранні зміни можуть бути гетерогенними [22–23]
6MWT	6MWT, інколи 2MWT у консенсусних рекомендаціях	У проспективних когортах показники можуть покращуватися; в окремих малих вибірках зміни не досягають статистичної значущості [24–25]
Timed Up and Go (TUG)	TUG як базовий тест на рухливість / фізичну працездатність	Часто поліпшується до 12 місяців; у деяких високофункціональних когортах зміни незначні [21,24]
Баланс/функція	4SST, FSST, CHAMP, AMP/BAMP	AMP/BAMP і CHAMP застосовують для оцінювання функціональних мобільності та можливостей високого рівня [21]
Витрати енергії	Споживання кисню / кількість кисню під час ходьби	Такі оцінювання використовують рідше, але є прямі дані про нижче споживання кисню в разі остеointеграції порівняно з гільзовим протезуванням [26]

Таблиця 2

Порівняльна характеристика реабілітаційних протоколів після остеointегративного протезування із screw-fit і press-fit системами

Параметр	Screw-fit (OPRA)	Press-fit (ILP, OPL, OGAAP)
Хірургічний підхід	Переважно двоетапний [1, 7]	Одно- або двоетапний залежно від системи та протоколу [12, 14–16]
Механізм первинної стабільності	Різьбова фіксація [1, 5]	Інтерференційна (press-fit) фіксація [3, 11, 13, 19]
Початок дозованого осьового навантаження	Відстрочений; після другого етапу операції відповідно до OPRA-протоколу [7, 9, 27]	Раніший початок контрольованого навантаження; строки залежать від системи та хірургічного протоколу [9, 12, 14]
Темп збільшення навантаження	Залежить від варіанта OPRA-протоколу: normal-speed — приблизно +10 кг/тиждень; half-speed — приблизно +5 кг/тиждень [7]	Варіює за протоколом; в OGAAP-2 — приблизно +5 кг/день до 50 кг або 50 % маси тіла [9, 12, 14]
Підключення тренувального або проміжного протеза	У класичному OPRA короткий тренувальний протез підключають орієнтовно через 4–6 тижнів після другого етапу за умови загоєння стоми [7, 9]	Строки варіюють; в OGAAP-2 реабілітаційний протез підключають після досягнення 50 кг або 50 % маси тіла [12]
Досягнення повного осьового навантаження	Орієнтовно 10–14 тижнів після другого етапу операції [7, 9, 27]	В окремих прискорених протоколах — приблизно 6–8 тижнів [9, 12, 14, 27]
Досягнення самостійної ходи	Орієнтовно 4–6 місяців залежно від протоколу та клінічного стану [7, 9, 27]	В окремих OGAAP/press-fit протоколах — орієнтовно 2–3 місяці; строки суттєво залежать від системи та критеріїв функціональної незалежності [9, 12, 14–16]
Основний принцип реабілітації	Захист процесу остеointеграції та поступове контрольоване збільшення навантаження	Рання функціональна активізація з контрольованим збільшенням навантаження

Примітка. Наведені строки є орієнтовними та не повинні розглядатися як універсальні критерії переходу між етапами. Вони залежать від конструкції імплантата, одно- або двоетапної хірургічної тактики, первинної стабільності, стану кісткової та м'яких тканин, переносимості навантаження та функціонального стану пацієнта [9, 16, 17, 27].

протезом пацієнта переводять на постійний протез і щоденне навантаження. За OGAAP-2 ранній післяопераційний реабілітаційний етап планують завершити приблизно за 3–6 тижнів, після чого тренування ходьби та поступове зменшення використання допоміжних засобів продовжуються [12].

Таким чином, окремі прискорені press-fit протоколи дають змогу раніше розпочинати контрольоване осьове навантаження, проте строки залежать від конкретної системи, одно- або двоетапної хірургічної тактики та індивідуальної переносимості навантаження [9, 12, 14, 15].

Критерії переходу між етапами реабілітації

Перехід між етапами реабілітації доцільно визначати не лише за календарними строками. Сучасні протоколи рекомендують урахувати переносимість попереднього рівня навантаження, інтенсивність болю [9, 19] під час і після тренування, стан стоми та прилеглих м'яких тканин [28], відсутність ознак інфекції або нестабільності імплантата, а також функціональні показники пацієнта [9, 17]. За наявності несприятливої клінічної реакції подальше збільшення навантаження має бути призупинене або модифіковане.

Попри спільні принципи реабілітації, опубліковані протоколи демонструють суттєві відмінності щодо строків початку навантаження, темпів його збільшення та часу переходу до постійного протезування. Основні відмінності між програмами реабілітації після застосування screw-fit і press-fit систем узагальнено в таблиці 2.

Обговорення

K. Hagberg і R. Brånemark [2] прямо пов'язували успіх OPRA з градуйованою реабілітацією після двох операцій; вони також зазначили, що більшість невдач траплялася до стандартизації протоколу, а запровадження graded rehabilitation вважали критично важливим для кращих результатів. Це підтримує тезу, що довший період поступового навантаження в OPRA був не випадковим, а вбудованим елементом системи, пов'язаним із двоетапною тактикою та потребою безпечного завершення остеоінтеграції [3, 11, 12].

У press-fit протоколах M. Al Muderis та співавт. реабілітація починалася ще в стаціонарі, із раннім осьовим навантаженням, мобілізацією в брусах, а остаточне протезування часто виконували приблизно на 14-й день [15]. Окремі press-fit конструкції завдяки високій первинній механічній стабільності дають змогу застосовувати про-

токоли з більш раннім контрольованим навантаженням і скорочувати інтервал між етапами до 4–6 тижнів; в OGAAP-1 та OGAAP-2 це подавалося як підхід зі швидшим переходом до ходьби та завершенням післяопераційної реабілітації приблизно за 3–6 тижнів [12, 14].

Опубліковані реабілітаційні протоколи залишаються гетерогенними щодо строків початку та темпів збільшення навантаження, моменту підключення протеза і критеріїв переходу між етапами. Більшість із них є центр- або системоспецифічними, а прямих порівняльних досліджень недостатньо, тому універсальний стандарт реабілітації наразі не визначений [9, 26, 27].

Застосування screw-fit систем, зокрема OPRA, передбачає більш консервативний підхід до післяопераційної реабілітації. Це обумовлено особливостями взаємодії імплантата з кістковою тканиною та процесу остеоінтеграції, який потребує тривалішого періоду для формування стабільної системи «імплантат – кістка». У зв'язку з цим навантаження вводиться поступово, із суворим контролем, що дозволяє мінімізувати ризик мікрорухів імплантата й потенційного порушення процесу остеоінтеграції [7, 9, 27].

На відміну від цього, press-fit системи (зокрема ILP та OPL) забезпечують вищу первинну механічну стабільність за рахунок щільної посадки імплантата в кістковому каналі. Це дозволяє розпочинати дозоване осьове навантаження в більш ранні терміни та забезпечує швидший перехід до функціональної активності. Водночас така стратегія вимагає ретельного клінічного моніторингу, оскільки суб'єктивне покращення стану пацієнта може призводити до передчасного перевантаження імплантата [11–13].

Важливим компонентом сучасних реабілітаційних протоколів є використання об'єктивних методів контролю навантаження, зокрема підлогових ваг. У післяопераційній реабілітації нижньої кінцівки також описано застосування інструментованих систем і методів біологічного зворотного зв'язку для об'єктивізації дозованого навантаження [30, 31]. Такі технології можуть підвищувати точність контролю часткового навантаження, проте їх застосування саме після остеоінтегративного протезування потребує окремого вивчення. Контрольоване збільшення навантаження залишається важливим елементом безпечної функціональної адаптації незалежно від типу імплантата [2, 3].

Окремої уваги заслуговує роль тренувальних протезів у процесі відновлення. У наявній

літературі тренувальні або тимчасові протези справді описані як проміжна ланка між ізольованим дозованим навантаженням і самостійною ходьбою, причому цей принцип повторюється в OPRA, press-fit та прискорених протоколах. Їх використання дозволяє забезпечити поступовий перехід від ізольованого дозованого навантаження до повноцінної ходьби, сприяє формуванню адекватного рухового стереотипу та покращує нейром'язову координацію, хоча прямі порівняльні докази їхньої переваги залишаються обмеженими [9]. Це є особливо важливим у пацієнтів після тривалої іммобілізації або за високого рівня ампутації.

Проаналізовані літературні джерела свідчать, що більш раннє досягнення повного осьового навантаження в разі застосування окремих press-fit протоколів може скорочувати строки переходу до функціональної активності. Водночас швидше проходження ранніх етапів реабілітації не слід автоматично ототожнювати з кращими довгостроковими функціональними результатами.

Разом із тим слід зазначити, що вибір реабілітаційної стратегії не може базуватися виключно на типі імплантата. Важливу роль відіграють індивідуальні особливості пацієнта, включаючи якість кісткової тканини, рівень фізичної підготовки, наявність супутніх захворювань та мотивацію до реабілітації. У зв'язку з цим оптимальним є мультидисциплінарний підхід із залученням хірурга, реабілітолога та протезиста.

Ускладнення та застереження

Опубліковані клінічні серії press-fit остеointегративного протезування демонструють загалом сприятливі функціональні результати, проте інфекційні й інші ускладнення залишаються важливим фактором під час вибору темпу післяопераційної реабілітації. У проспективному двоцентровому дослідженні більшість інфекцій були легкими м'якотканинними та піддавалися консервативному лікуванню [11]. У двоетапній посттравматичній серії інфекційні епізоди були контрольовані без видалення імплантата, а в дослідженні OGAAP-1 усі пацієнти наприкінці спостереження користувалися остеointегрованими протезами, хоча небажані явища залишалися поширеними [14, 15].

Новіші порівняльні дані щодо одно- та двоетапних процедур свідчать про можливі відмінності в структурі інфекційних ускладнень, тоді як тривалість реабілітації між групами може суттєво не відрізнятися [16]. Отже, більш рання активізація під час застосування прискорених press-fit

протоколів повинна здійснюватися під ретельним клінічним контролем і не може автоматично розглядатися як гарантія кращого довгострокового функціонального результату [9, 16].

Обмеження

Цей наративний огляд базується на дослідженнях, які відрізняються дизайном, характеристиками пацієнтів, типами імплантатів і реабілітаційними протоколами. Серед включених первинних клінічних спостережень не виявлено рандомізованих або прямих head-to-head досліджень, у яких результати реабілітації після screw-fit і press-fit остеointеграції порівнювали б у паралельних групах хворих. Тому зіставлення систем ґрунтується переважно на непрямому аналізі систем- та центрспецифічних когорт, що обмежує можливість кількісного порівняння ефективності окремих програм.

Отже, аналіз сучасної літератури свідчить, що основними відмінностями між screw-fit і press-fit системами є строки початку дозованого навантаження, темпи функціонального відновлення та тривалість реабілітації, тоді як загальні принципи післяопераційного відновлення залишаються подібними.

Висновки

Тип фіксації імплантата є одним із ключових факторів, що впливає на структуру, інтенсивність і тривалість реабілітаційної програми після трансфеморального остеointегративного протезування.

Застосування screw-fit систем, зокрема OPRA, передбачає більш поступове введення осьового навантаження, спрямоване на створення умов для безпечної остеointеграції та функціональної адаптації.

За даними проаналізованих досліджень, press-fit системи (зокрема ILP та OPL) асоціюються з можливістю більш раннього початку контрольованого осьового навантаження та швидшого досягнення повного навантаження в межах окремих прискорених протоколів. Водночас наявні дані не дозволяють однозначно стверджувати про їх перевагу щодо загальної тривалості реабілітації або довгострокових функціональних результатів.

Використання об'єктивних методів контролю навантаження й індивідуалізований підхід до реабілітації можуть сприяти досягненню оптимальних функціональних результатів незалежно від типу імплантата.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. Перспективним напрямом є розробка уніфікованих доказових рекомендацій щодо реабілітації після остеointегративного протезування з урахуванням типу імплантата та індивідуальних особливостей пацієнтів

Інформація про фінансування. Дослідження не отримувало спеціального зовнішнього фінансування.

Внесок авторів. Галузинський О. А. — концепція та дизайн дослідження, методологія, аналіз та інтерпретація результатів, підготовка первинного тексту рукопису; решта співавторів — клінічна робота та збір даних; усі автори брали участь в обговоренні результатів, критичному редагуванні рукопису та затвердили його остаточну версію.

Список літератури

- Brånemark, R., Berlin, Ö., Hagberg, K., Bergh, P., Gunterberg, B., & Rydevik, B. (2014). A novel osseointegrated percutaneous prosthetic system for the treatment of patients with transfemoral amputation: A prospective study of 51 patients. *The bone & joint journal*, 96-B(1), 106–113. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B1.31905>
- Hagberg, K., & Brånemark, R. (2001). Consequences of non-vascular trans-femoral amputation: A survey of quality of life, prosthetic use and problems. *Prosthetics and orthotics international*, 25(3), 186–194. <https://doi.org/10.1080/03093640108726601>
- Al Muderis, M., Lu, W., & Li, J. J. (2017). Osseointegrated prosthetic limb for the treatment of lower limb amputations: Experience and outcomes. *Unfallchirurg*, 120(4), 306–311. <https://doi.org/10.1007/s00113-016-0296-8>
- van Eck, C. F., & McGough, R. L. (2015). Clinical outcome of osseointegrated prostheses for lower extremity amputations: A systematic review of the literature. *Current orthopaedic practice*, 26(4), 349–357. <https://doi.org/10.1097/BCO.0000000000000248>
- Brånemark, R., Brånemark, P. I., Rydevik, B., & Myers, R. R. (2001). Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation: A review. *Journal of rehabilitation research and development*, 38(2), 175–181.
- Hagberg, K., Brånemark, R., Gunterberg, B., & Rydevik, B. (2008). Osseointegrated trans-femoral amputation prostheses: Prospective results of general and condition-specific quality of life in 18 patients at 2-year follow-up. *Prosthetics and orthotics international*, 32(1), 29–41. <https://doi.org/10.1080/03093640701553922>
- Hagberg, K., & Brånemark, R. (2009). One hundred patients treated with osseointegrated transfemoral amputation prostheses—rehabilitation perspective. *Journal of rehabilitation research and development*, 46(3), 331–344. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2008.06.0080>
- Hagberg, K., Ghasemi Jahani, S. A., Omar, O., & Thomsen, P. (2023). Osseointegrated prostheses for the rehabilitation of patients with transfemoral amputations: A prospective ten-year cohort study of patient-reported outcomes and complications. *Journal of orthopaedic translation*, 38, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2022.09.004>
- Grunfeld, M., Reif, T. J., Rozbruch, S. R., & Hoellwarth, J. S. (2025). Lower extremity osseointegration postoperative rehabilitation protocols: A scoping review. *Physical therapy*, 105(1), pzael39. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzael39>
- Barootchi, E., Jirofti, N., Daliri, M., & Moradi, A. (2026). Lower limb osseointegrated prosthetics: Are we standing on the edge of a new era? *Journal of orthopaedic surgery and research*, 21. <https://doi.org/10.1186/s13018-026-06675-w>
- Al Muderis, M., Khemka, A., Lord, S. J., van de Meent, H., & Frölke, J. P. M. (2016). Safety of osseointegrated implants for transfemoral amputees: A two-center prospective cohort study. *The journal of bone and joint surgery. American Volume*, 98(11), 900–909. <https://doi.org/10.2106/JBJS.15.00808>
- Al Muderis, M., Lu, W., Tetsworth, K., Bosley, B., & Li, J. J. (2017). Single-stage osseointegrated reconstruction and rehabilitation of lower limb amputees: The Osseointegration Group of Australia Accelerated Protocol-2 (OGAAP-2) for a prospective cohort study. *BMJ Open*, 7(3), e013508. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-013508>
- Juhnke, D. L., Beck, J. P., Jeyapalina, S., & Aschoff, H. H. (2015). Fifteen years of experience with Integral-Leg-Prosthesis: Cohort study of artificial limb attachment system. *Journal of rehabilitation research and development*, 52(4), 407–420. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2014.11.0280>
- Al Muderis, M., Tetsworth, K., Khemka, A., Wilmot, S., Bosley, B., Lord, S. J., & Glatt, V. (2016). The Osseointegration Group of Australia Accelerated Protocol (OGAAP-1) for two-stage osseointegrated reconstruction of amputated limbs. *The bone & joint journal*, 98-B(7), 952–960. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B7.37547>
- Al Muderis, M., Lu, W., Glatt, V., & Tetsworth, K. (2018). Two-stage osseointegrated reconstruction of post-traumatic unilateral transfemoral amputees. *Military medicine*, 183(Suppl 1), 496–502. <https://doi.org/10.1093/milmed/usx185>
- Reetz, D., Saleib, Z. K. M., Van Lieshout, E. M. M., Edwards, M. J. R., Verhofstad, M. H. J., Van Vledder, M. G., Van Waes, O. J. F., Frölke, J. P. M., & Leijendekkers, R. A. (2026). What are the complications, functional outcomes, and health-related quality of life of bone-anchored prostheses in transfemoral amputees? A comparison of single- and two-stage surgery over time. *Clinical orthopaedics and related research*, 484(1), 131–145. <https://doi.org/10.1097/CORR.00000000000003652>
- Melton, D., Prasso, L. G., Abernethy, A., Hoellwarth, J. S., & Strickland, T. (2025). Consensus statement on prehabilitation and rehabilitation of osseointegration patients. *OTA International*, 8(1 Suppl), e371. <https://doi.org/10.1097/OI9.0000000000000371>
- Stevens, P. M., & Prasso, L. G. (2025). Rehabilitation from short to full length bone-anchored prostheses. *Journal of prosthetics and orthotics*. <https://doi.org/10.1097/JPO.0000000000000582>
- Vernice, N. A., Askinas, C. A., Black, G. G., Truong, A. Y., Reif, T. J., Rozbruch, S. R., & Otterburn, D. M. (2022). Osseointegration for lower-extremity amputees: Operative considerations from the plastic surgeon's perspective. *JBJS Reviews*, 10(11), e22.00125. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.22.00125>
- Tan, J. M., Halford, G. R. J., Lukin, M., & Kohler, F. (2023). Recommendations from the ISPO lower-limb COMPASS: Patient-reported and performance-based outcome measures. *Prosthetics and orthotics international*, 47(1), 13–25. <https://doi.org/10.1097/PXR.0000000000000197>
- Hendershot, B. D., Armes, M., Khatri, B. R., Pruziner, A. L., Schnall, B., Tullos, M. L., Dearth, C. L., Potter, B. K., & Forsberg, J. A. (2025). Performance-based functional outcomes twelve and twenty-four months after transfemoral osseointegration in service members with traumatic unilateral and bilateral lower limb loss. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2025.04.021>
- Reeves, K., Han, S., Cao, M., Doherty, D., Haney, L., Mintah, F. K., & Vanodia, V. P. (2025). A goal-directed rehabilitation protocol for people with transfemoral amputation receiving osseointegration prostheses. *PM&R*, 17, 1026–1033. <https://doi.org/10.1002/pmrj.13385>
- Ravari, R., Rehani, M., Lewicke, J., Vette, A. H., & Hebert, J. S. (2026). Spatiotemporal and gait symmetry changes following osseointegration in transfemoral prosthesis users: A longitudinal study. *Prosthesis*, 8(3), 33. <https://doi.org/10.3390/prosthesis8030033>
- Leijendekkers, R. A., van Hinte, G., Frölke, J. P., van de

- Meent, H., Atsma, F., Nijhuis-van der Sanden, M. W. G., & Hoogboom, T. J. (2019). Functional performance and safety of bone-anchored prostheses in persons with a transfemoral or transtibial amputation: A prospective one-year follow-up cohort study. *Clinical rehabilitation*, 33(3), 450–464. <https://doi.org/10.1177/0269215518815215>
25. Hoellwarth, J. S., Haidary, A., Tetsworth, K., Oomatia, A., & Al Muderis, M. (2024). Transfemoral osseointegration in association with total hip replacement: Observational cohort study of patients with follow-up exceeding 2 years. *Arthroplasty today*, 28, 101463. <https://doi.org/10.1016/j.artd.2024.101463>
26. van de Meent, H., Hopman, M. T., & Frölke, J. P. (2013). Walking ability and quality of life in subjects with transfemoral amputation: A comparison of osseointegration with socket prostheses. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 94(11), 2174–2178. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.05.020>
27. Schnadthorst, P. G., Lison, A., & Schulze, C. (2023). Rehabilitation of patients with osseointegrated prosthesis after transfemoral amputation: Literature-based recommendation for postoperative rehabilitative procedure. *Zeitschrift für orthopädie und unfallchirurgie*, 161(3), 318–327. <https://doi.org/10.1055/a-1545-5486>
28. Hoellwarth, J. S., Tetsworth, K., Rozbruch, S. R., Handal, M. B., Coughlan, A., & Al Muderis, M. (2020). Osseointegration for amputees: Current implants, techniques, and future directions. *JBJS Reviews*, 8(3), e0043. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.19.00043>
29. Atallah, R., van de Meent, H., Verhamme, L., Frölke, J. P., & Leijendekkers, R. A. (2020). Safety, prosthesis wearing time and health-related quality of life of lower extremity bone-anchored prostheses using a press-fit titanium osseointegration implant: A prospective one-year follow-up cohort study. *Plos one*, 15(3), e0230027. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230027>
30. Kunz, E. M., Foster, D. T., Tehrani, P. M., Sedigh, A., & Kachooei, A. R. (2026). Partial weight-bearing after lower extremity surgery: A review of current standards, innovations, and patient compliance. *Archives of bone and joint surgery*, 14(1), 16–23. <https://doi.org/10.22038/abjs.2025.88277.4000>
31. Merkle, T. P., Hofmann, N., Knop, C., & Da Silva, T. (2023). Can elderly individuals perform partial weight bearing on their lower limbs? A prospective cohort study using ambulatory real-time biofeedback. *Journal of orthopaedic surgery and research*, 18, 324. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03807-4>

Стаття надійшла до редакції 02.08.2026	Отримано після рецензування 23.08.2026	Прийнято до друку 02.09.2026
---	---	---------------------------------

MODERN REHABILITATION PROGRAMS AFTER TRANSFEMORAL OSSEOINTEGRATED PROSTHETIC IMPLANTATION WITH SCREW-FIT AND PRESS-FIT SYSTEMS: A NARRATIVE REVIEW

O. A. Haluzynskiy¹, O. M. Linenko², M. R. Rudas³, J. Ch. Duncan⁴, F. V. Oliinyk⁴

¹ Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kharkiv

² Bionic Technologies LLC, Kyiv, Ukraine

³ «National Research Center for Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv

⁴ MN-PE «City Clinical Hospital No. 11» of the OCC, Odesa, Ukraine.

✉ Oleksandr Haluzynskiy, MD: dr_alef@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-2164-4254>

✉ Oleksandr Linenko, MD, PhD: allinenko@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0001-9495-630X>

✉ Mykhailo Rudas: misharudas@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-7016-1490>

✉ Johannes Duncan: johannescharlton@yahoo.com; <https://orcid.org/0009-0000-2784-3049>

✉ Fedir Oliinyk: fedir_doc@ukr.net; <https://orcid.org/0009-0002-4383-8949>