

УДК 616.2-008.64:616.921.5-08[616.12-008.46:616.132-089.843-77-089-06-005.6/.7-084-039.72-089.5]  
DOI: <http://doi.org/10.31928/2664-4479-2025.6.5766>

## «Міст» до трансплантації серця. Перший в Україні досвід використання системи LVAD CorHeart 6

В.Г. Танський, О.О. Танська, К.А. Хижняк

Кардіохірургічний центр Ковельського міськрайонного територіального медичного об'єднання

Спектр використовуваних засобів механічної підтримки кровообігу (МПК) для двоетапної трансплантації серця досить широкий – від імплантації штучного серця, бівентрикулярного обходу, лівошлуночкового обходу і до під'єднання системи екстракорпоральної мембранної оксигенації. Тривалість застосування цих технологій залежить від обраного методу МПК. Зокрема лівошлуночковий обхід за допомогою імплантованих насосів передбачає тривале під'єднання систем (від місяця до декількох років). Перевагою таких систем є можливість для пацієнта залишити клініку і підтримувати активний спосіб життя. Метою роботи було представити перший в Україні досвід імплантації системи LVAD CorHeart 6, що охоплює ретроспективно зібрану передопераційну інформацію, хід лікування та клінічні результати.

**Висновки.** Системи LVAD (left ventricular assist device) є найбільш ефективним «мостом» до трансплантації, адже: розвантажують пошкоджені шлуночки серця, зокрема зменшують розміри, об'єм і масу шлуночків; забезпечують ефективну циркуляторну підтримку; зберігають і покращують функціонування органів і систем; запобігають розвитку ускладнень хронічної серцевої недостатності; підвищують виживання, значно покращують якість життя, функціональний статус пацієнтів порівняно з медикаментозною терапією.

**Ключові слова:** лівошлуночковий обхід, LVAD, механічна підтримка кровообігу, трансплантація серця.

В останнє десятиліття у світовій практиці розвинених країн (США, країни ЄС і Японія тощо) для лікування термінальної стадії хронічної серцевої недостатності (ХСН) широко використовуються системи тривалої механічної підтримки кровообігу (МПК). Методи тривалої МПК можуть бути застосовані в таких випадках: «міст» для подальшої трансплантації донорського серця хворим, які перебувають у листі очікування на трансплантацію (bridge to transplant – BTT); імплантація насоса з метою відновлення насосної функції міокарда (bridge to recovery – BTR); імплантація насоса на постійній основі (destination therapy – DT) у випадках, коли пацієнт з певних

причин не може бути внесений до листа очікування на донорський орган (вік, хронічні захворювання, релігійні переконання тощо). Серед найбільших переваг МПК проти трансплантації серця (ТС) є те, що пацієнти можуть уникнути тривалого очікування донорського серця в листі очікування, будучи залежними від напруженої медикаментозної пероральної або парентеральної інотропної терапії. Також відсутній ризик відторгнення трансплантата та ускладнень посттрансплантаційної терапії, а при наявності протипоказань до ТС є фактично єдиним шансом для продовження життя.

**Метою роботи** було представити перший в Україні досвід імплантації системи LVAD

Танський Володимир Георгійович, PhD, лікар-хірург серцево-судинний, лікар-трансплантолог, зав. кардіохірургічного центру Ковельського міськрайонного територіального медичного об'єднання  
ORCID ID: 0009-0005-9467-1669  
E-mail: [ishlffeofania@gmail.com](mailto:ishlffeofania@gmail.com)

Стаття надійшла до редакції 8 вересня 2025 року

© В.Г. Танський, О.О. Танська, К.А. Хижняк, 2025

Tanskiy Volodymyr G., PhD, cardiovascular surgeon, transplantologist, Head of the Cardiac Surgical Center of the Kovel-ECMO hospital district ELSO, Kovel, Ukraine  
ORCID ID: 0009-0005-9467-1669

E-mail: [ishlffeofania@gmail.com](mailto:ishlffeofania@gmail.com)

Received on 08.09.2025

Таблиця 1

**Дані ехокардіографії серця пацієнта Д. до оперативного втручання**

Показник	Значення	Норма	Коментар
Правий шлуночок	3,6 см	0,9–2,6 см	Розширений
Міжшлуночкова перегородка	1,1 см	0,6–1,1 см	Не потовщена
Лівий шлуночок, КДР	5,7 см	3,5–5,7 см	Не розширений
Стінка ЛШ, діастола	1,0 см	0,6–1,1 см	Не потовщена
Висхідна аорта	2,7 см	2,0–3,7 см	Не розширена
Ліве передсердя	5,7 см	1,9–4,0 см	Розширене
Кінцеводіастолічний об'єм	172 мл	120–130 мл	Збільшений
Кінцевосistolічний об'єм	137 мл		Збільшений
Ударний об'єм	39 мл		Знижений
ФВ ЛШ (за Simpson)	20 %	55–65 %	Значно знижена

Таблиця 2

**Дані ехокардіографії клапанного апарата серця до оперативного втручання**

Клапани серця	Характеристика	Недостатність	Стеноз	Гرادієнт тиску, мм рт. ст.
Мітральний	Звичайний	II ступінь	№	
Аортальний	Звичайний	№	№	3
Тристулковий	Звичайний	II ступінь	№	35
Легеневої артерії	Звичайний		№	

CorHeart 6. Ми ретроспективно зібрали передопераційну інформацію, хід лікування та клінічні результати.

Основна ідея створення систем тривалої МПК полягала у відновленні кровообігу в пацієнтів з термінальною ХСН, які перебувають у критичному стані очікування донорського серця. Це важливо ще й тому, що результати ургентної ОТС порівняно з плановою значно гірші й пов'язані з високим ризиком ускладнень.

Пацієнт Д., 1994 року народження. Діагноз: декомпенсована серцева недостатність (СН) ІА зі зниженою фракцією викиду (ФВ) лівого шлуночка (ЛШ) – 23 %. СН, стадія D. NYHA III. Постміокардитичний міокардіофіброз. Постійна форма фібриляції передсердь, тахісistolічний варіант. CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VA – 1 бал. Вторинна недостатність мітрального клапана (МК) III ступеня. Недостатність трикуспідального клапана (ТК) III ступеня. Легенева гіпертензія. Рівень NT-proBNP – 5600 пг/мл. Дані ехокардіографічного дослідження пацієнта наведено в *табл. 1, 2*. Пацієнт був внесений до листа очікування на ТС у Ковельському МТМО з грудня 2024 року в VI статусі розподілу донорських органів

Єдиної державної інформаційної системи трансплантації (ЄДІСТ). З того часу пацієнт мав неодноразові госпіталізації з приводу декомпенсації.

Праве передсердя – 3,8 см. Екскурсія фіброзного кільця ТК TAPSE – 13 мм. Площа поверхні тіла – 2,1 м<sup>2</sup>. Аналіз сегментарної скоротливості ЛШ: загальна гіпокінезія стінок. Виявлено спонтанне контрастування крові в порожнині ЛШ, що свідчить про схильність до утворення тромбів.

**Висновок:** ущільнення стулок аортального клапана, стулок МК. Гіпертрофія міжшлуночкової перегородки. Атріомегалія. Недостатність МК II ступеня, ТК II ступеня. Глобальна скоротливість міокарда ЛШ знижена (ФВ за Simpson – 20 %). Ймовірність легеневої гіпертензії висока (нижня порожниста вена (НПВ) – 2,2 см, не колабує на вдиху менше ніж 50 %). Ознаки діастолічної дисфункції ЛШ I типу. Феномен спонтанного контрастування у порожнині ЛШ.

Пацієнту було виконано пряму тонометрію легеневої артерії:

- Тиск у легеневій артерії – 54 мм рт. ст.
- Тиск заклинення легеневих капілярів – 30 мм рт. ст.

- Транспульмональний градієнт – 24 мм рт. ст.
- Серцевий індекс – 1,61 л/хв.
- Легеневий судинний опір – 7,3 од. Вуда.

У хворого відзначали високий легеневий судинний опір 7,3 од. Вуда, що є протипоказанням до виконання прямої ТС [1]. Прийнято рішення про імплантацію LVAD. Метою МПК було досягти зниження рівня легеневої гіпертензії, «міст» до ТС (bridge to transplantation – BTT). Імплантація LVAD може супроводжуватися зниженням показника

судинного легеневого опору через 3–6 міс, проте в деяких випадках ефективно зниження значень цього показника може спостерігатися вже протягом першого місяця. Періодичність виконання зондування визначається індивідуально з урахуванням клінічних показників. У хворих з МПК і легеневую гіпертензією зондування правих відділів серця виконується кожні 3–6 міс.

Система LVAD CorHeart 6 має масу 90 г і складається з 4 частин: притічна та відтічна канюлі,

Таблиця 3

### Основні компоненти та функції LVAD CorHeart 6

Насос підтримки роботи лівого шлуночка



Насос підтримки роботи лівого шлуночка – це відцентровий серцевий насос, який під'єднується паралельно до кровоносної системи людини. Вхідна канюля вводиться і фіксується на верхівці лівого шлуночка. Зазвичай насос підтримки роботи лівого шлуночка також називають «насосом крові». Насос крові заживлений за допомогою черезшкірного кабеля

Контролер



Контролер використовується для керування та моніторингу роботи системи. Привід під'єднується до насоса і взаємодіє з користувачем за допомогою звукових, світлових і дисплейних повідомлень, які можуть відображати робочий стан і попереджувальні повідомлення. Кожен контролер має один незалежний кабель приводу і два кабелі живлення для під'єднання акумуляторів і адаптера живлення

Літієва акумуляторна батарея



Літієва акумуляторна батарея забезпечує живлення системи

Адаптер живлення



Адаптер живлення подає живлення до системи. Його можна під'єднати до контролера для живлення під час операції пацієнта, моніторингу у відділенні інтенсивної терапії або під час незначної діяльності вдома, у стані спокою та під час сну.

Таблиця 3. Продовження

Монітор



Монітор використовується під час імплантації та у відділенні інтенсивної терапії для моніторингу і програмування робочих параметрів системи. Монітор відображає робочий стан системи. Лікарі та медперсонал можуть змінювати робочі параметри та налаштування системи за допомогою монітора. Під час процесу імплантації необхідний ретельний моніторинг за допомогою монітора

Зарядна станція



Зарядний стенд використовується для зарядки акумуляторів

Комунікаційний адаптер



Комунікаційний адаптер використовується для під'єднання монітора, адаптера живлення та контролера для забезпечення зв'язку та передачі живлення

кров'яний насос та зовнішнє джерело енергії. Притічна канюля імплантується в ЛШ, а відтічна – в аорту, через судинний графт. Кров з ЛШ забирається насосом і далі нагнітається у велике коло кровообігу. Насос вмикається за допомогою портативних батарей або блоку живлення. Насос постійно під'єднаний до контролера для моніторингу всіх функцій насоса та відображення небезпечних умов функціонування через акустичні та візуальні сигнали тривоги (табл. 3, рис. 1).

Основною частиною LVAD CorHeart 6 є відцентровий насос крові, під'єднаний паралельно до кровоносної системи людини. Насос утримується на місці за допомогою апікальної манжети, пришитої до ЛШ. Вихід насоса з'єднаний із судинним протезом, а інший кінець судинного протеза анастомозує з висхідною аортою. Черезшкірний кабель проходить через живіт пацієнта і з'єднує імплантований насос з екстракорпоральним контролером. Це показано на рис. 2 [1–3].

LVAD CorHeart 6 використовується як система підтримки роботи ЛШ, слід враховувати правошлуночкову недостатність (ПШН). У деяких пацієнтів

ентів раптово розвивається ПШН під час або невдовзі після імплантації насоса. Початок дисфункції правого шлуночка в пацієнтів часто супроводжується неспроможністю насоса підтримувати здатність ЛШ наповнюватися і різко зниженою швидкістю потоку. Обмежене наповнення ще біль-



Рис. 1. Конфігурація імплантату допоміжного насоса лівого шлуночка LVAD CorHeart 6.



Імплантовано кільце у верхівку серця – LVAD підготовлений для імплантації в порожнину лівого шлуночка.  
 М-холіноміметичні засоби інтраопераційно:  
 Добутамін 7 мг/кг/хв  
 Мілринон 0,35 мг/кг/хв 10 хв  
 Мілринон 0,1 мг/кг/хв доба

Рис. 2. Імплантація LVAD CorHeart 6. 28.07.2025. Ковельське МТМО.



Рання екстубація пацієнта.  
 Ознаки правошлуночкової недостатності на моніторі:  
 ЧСС – 111 за 1 хв  
 Інвазивний артеріальний тиск – 93 мм рт. ст.  
 Систолічний тиск у легеневій артерії – 21 мм рт. ст.  
 Середній тиск у правому передсерді – 22 мм рт. ст.

Рис. 3. Перша доба пацієнта з LVAD CorHeart 6 у відділенні анестезіології з ліжками інтенсивної терапії: параметри центральної гемодинаміки.



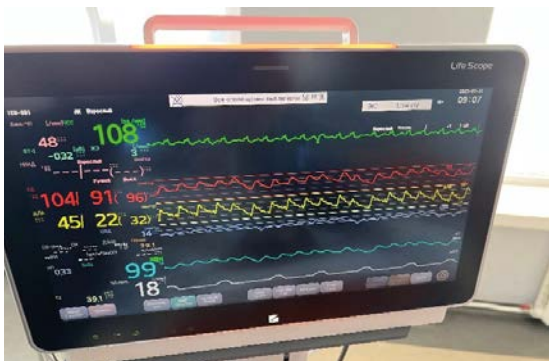
Монітор LVAD CorHeart 6  
 Потік FLOW 3.35 LPM  
 Швидкість SPEED 2598 RPM  
 Живлення POWER 3.03 W  
 Пульсовий індекс PI 134  
 Пацієнту було збільшено швидкість SPEED

Рис. 4. Монітор пацієнта LVAD CorHeart 6: перша доба.



Монітор LVAD CorHeart 6  
 Потік FLOW 4,82 LPM  
 Швидкість SPEED 3349 RPM  
 Живлення POWER 4,69 W  
 Пульсовий індекс PI 70

Рис. 5. Монітор пацієнта LVAD CorHeart 6: четверта доба.



ЧСС – 108 за 1 хв  
 Інвазивний артеріальний тиск – 104 мм рт. ст.  
 Систолічний тиск у легеневій артерії – 32 мм рт. ст.  
 Середній тиск у правому передсерді – 14 мм рт. ст.

Рис. 6. Четверта доба пацієнта з LVAD CorHeart 6 у відділенні анестезіології з ліжками інтенсивної терапії: параметри центральної гемодинаміки.

ше посилюється за наявності ПШН з підвищеним градієнтом транспульмонального тиску або високим легеневим судинним опором. Лікування пацієнтів з правою СН зазвичай передбачає інотропи для посилення скоротливості правого шлуночка, управління рідиною та фармакологічну модуляцію легеневого судинного опору. У крайньому разі може бути застосований насос підтримки роботи правого шлуночка (рис. 3–6).

Пацієнту було виконано повторну пряму тонометрію легеневої артерії у відділенні анестезіології з ліжками інтенсивної терапії, продуктивність LVAD 4,82 LPM:

- Середній тиск у легеневій артерії – 32 мм рт. ст.
- Тиск заклинання легеневих капілярів – 30 мм рт. ст.
- Транспульмональний градієнт – 9 мм рт. ст.
- Серцевий індекс – 4,15 л/хв.
- Легеневий судинний опір – 1,0 од. Вуда.

На 10-ту добу пацієнта із відділення анестезіології з ліжками інтенсивної терапії переведено до кардіохірургічного центру з подальшою реабілітацією в умовах стаціонару.

Ехокардіографічні показники пацієнта Д. під час виписування наведені в *табл. 4*. Рідини в порожнині перикарда немає. Легенева гіпертензія відсутня. Екскурсія фіброзного кільця ТК TAPSE – 13.

Аналіз сегментарної скоротливості лівого шлуночка: загальна гіпокінезія стінок. Тромбів у шлуночках не виявлено.

Стан після імплантації LVAD CorHeart 6 (28.07.2025). Недостатність МК I ступеня, ТК II ступеня. Аортальний клапан – відкривається. Глобальна скоротливість міокарда ЛШ знижена (ФВ за Simpson – 32 %). Вірогідність легеневої гіпертензії помірна (НПВ – 2,1 см, колабує на вдиху більше ніж 50 %). У проєкції верхівки ЛШ артефакти від канюлі LVAD.

На 27-му добу після імплантації LVAD пацієнта в задовільному стані виписано додому.

Останніми роками впровадження імплантації систем LVAD істотно змінило підходи до використання допоміжного кровообігу як методу передтрансплантаційної МПК, дозволивши багатьом пацієнтам чекати ТС у стабільному клінічному стані. Альтернативним підходом до лікування пацієнтів з термінальною СН стало застосування

Таблиця 4

**Дані ехокардіографії серця пацієнта Д. після імплантації LVAD CorHeart 6**

Показник	Значення	Норма	Коментар
Правий шлуночок	3,6 см	0,9–2,6 см	Розширений
Міжшлуночкова перегородка	1,1 см	0,6–1,1 см	Не потовщена
Лівий шлуночок, КДР	5,7 см	3,5–5,7 см	Не розширений
Стінка ЛШ, діастола	1,0 см	0,6–1,1 см	Не потовщена
Висхідна аорта	2,7 см	2,0–3,7 см	Не розширена
Ліве передсердя	5,7 см	1,9–4,0 см	Розширене
Кінцеводіастолічний об'єм	148 мл		Збільшений
Кінцевосистолічний об'єм	100 мл		Збільшений
Ударний об'єм	48 мл		Знижений
ФВ ЛШ, % (за Simpson)	32 %	55–65 %	Значно знижена

систем нетривалої (тимчасової) МПК для досягнення швидкої корекції розладів системної гемодинаміки і створення клінічних та організаційних умов для виконання невідкладної ТС. Цей підхід в організації лікування термінальної СН дозволяє не тільки зберегти життя потенційним реципієнтам серця, а й поліпшити доступність ТС [4–6]. З огляду на це є актуальним вдосконалення діагностики та підвищення ефективності хірургічного лікування у хворих із ХСН.

Хворі з ХСН є важкою категорією кардіохірургічних пацієнтів [7]. На сьогодні проведено безліч досліджень у світі, які свідчать про вищий відсоток виживання хворих із критичною ХСН, стійке поліпшення роботи серця та інших органів на тлі застосування пристроїв допоміжного кровообігу [8–11].

В оглядовій роботі з оцінки клінічних результатів застосування МПК S.G. Drakos та співавтори [12] представили більш оптимістичну картину. Було показано, що МПК сприяє зменшенню розмірів камер серця, поліпшенню скоротливості серцевого м'яза. Так, Y. Yamada та співавтори виявили [13], що розміри ЛШ серця зменшуються в середньому на 15 % вже через 1 міс після імплантації насоса, а ФВ зростає майже на 20 % через 24 міс. Зафіксовано зменшення розмірів кардіоміоцитів [14–16], що також сприяло відновленню насосної функції міокарда.

Усі ці дослідження підтвердили ідею про вплив МПК на зворотне ремоделювання міокарда та можливість використання систем МПК як «моста» до одужання серця [17]. Успішною можна назвати роботу берлінської групи лікарів, які здійснили експлантацію насосів у 32 (24,4 %) пацієнтів зі 124 спостережуваних пацієнтів з термінальною ХСН.

При цьому 3- і 5-річне виживання становило 69,4 і 58,2 % відповідно [18–21].

Останні десять років імплантуються системи тривалого лівошлуночкового обходу, які стали провідним методом МПК у пацієнтів із ХСН, що дозволяє дожити до ТС (bridge to transplantation) або за наявності протипоказань до останньої забезпечити дожиття з меншими клінічними проявами хвороби (destination therapy (DT)). За даними реєстру Міжнародного товариства з трансплантації серця і легенів (ISHLT), у 2023 році понад 45 % операцій ТС виконано в реципієнтів з передтрансплантаційною МПК методом тривалого лівошлуночкового обходу, що імплантується [22–28].

За результатами останніх досліджень, 30 % пацієнтів, які перебувають на МПК, отримують донорське серце протягом першого року після імплантації системи, 48 % пацієнтів, які очікують ТС, перебувають у листі очікування з системою МПК понад 2 роки [28, 29]. Показано, що смертність пацієнтів при подальшій ТС знижується на тлі поліпшення перфузії, і як наслідок, функцій життєвоважливих органів, а також істотного зниження ТЛА, особливо після першого року імплантації насоса [30]. Через це M. Donneyong та співавтори не рекомендують проводити ТС після встановлення LVAD у ранні терміни [14]. При визначенні стратегії успішного застосування МПК як «моста» для подальшої ТС основною умовою є оптимізація вибору пацієнтів з урахуванням оцінки факторів ризику при проведенні операції: ПШН, дисфункція життєвоважливих органів тощо [25, 27, 31]. Клінічна практика показала, що в середньому у 20–40 % пацієнтів, які перенесли імплантацію LVAD, виявляють ознаки ПШН [10, 18], що може значно впливати на успішність застосування цього

методу і потребує як глибшого відбору пацієнтів, так і застосування методів бівентрикулярного обходу шлуночків серця.

При цьому дисфункція правого шлуночка є настільки серйозною проблемою, що за результатами INTERMACS в США було створено спеціальну наукову групу для вирішення питань ідентифікації, профілактики та управління терапією ураженого правого шлуночка при ухваленні рішення про встановлення системи МПК [13]. Найкращі результати досягалися при ранній діагностиці ПШН і встановленні правощлуночкового обходу [19]. Серед інших ускладнень при застосуванні МПК найбільш частими є кровотечі (16 %) і інфекції (13 %). Одним з найбільш небезпечних ускладнень є тромбоз насоса, вхідних і вихідних магістралей. Тромбоемболічні ускладнення трапляються так чи інакше у 8 % пацієнтів [29]. Через це важливим питанням є підбір оптимальної антикоагуляційної і дезагрегаційної терапії, що дозволяє зменшити ризики цих ускладнень [30]. Іншим досить небезпечним ускладненням є інфекція, яка, як правило, асоціюється з черезшкірним місцем виходу кабелю для живлення насоса [14].

## Висновки

Системи LVAD є найбільш ефективним «мостом» до трансплантації, оскільки розвантажують ушкоджені шлуночки серця, а саме зменшують розміри, об'єми і масу шлуночків, забезпечують ефективну циркуляторну підтримку; зберігають і покращують функцію органів і систем; запобігають розвитку ускладнень хронічної серцевої недостатності; підвищують відсоток виживання; значно покращують якість життя, функціональний статус пацієнтів порівняно з медикаментозною терапією.

Системи LVAD імплантуються і впевнено доводять ефективність як «терапії призначення» для пацієнтів з обмеженнями трансплантації: зменшення розмірів, мінімізація гемолізу, усунення тромбогенезу, збільшення тривалості і зручності експлуатації.

Важливі аспекти успішного застосування систем LVAD: дотримання критеріїв відбору пацієнтів, оцінка психосоціального статусу, аналіз клінічних, анамнестичних та лабораторних даних, вибір часу установки системи допоміжного кровообігу (визначає виживання і прогноз), правиль-

ний вибір виду і варіанти допоміжного кровообігу, оснащення (обладнання, витратні матеріали, препарати крові, медикаменти), хірургічна команда, суворе дотримання рекомендованого антикоагуляційного протоколу і способу обробки місць виходу канюль і живильний кабель (протягом усього періоду експлуатації), міждисциплінарна кооперація, зворотний зв'язок, навчання пацієнта і його оточення, лікаря, що лікує, VAD-координація.

**Перспективи подальших досліджень.** Проведена робота показує актуальність подальшого вивчення в Україні методів тривалої механічної підтримки кровообігу. Використання LVAD може суттєво зменшити частоту летальних випадків та поліпшити результати лікування хворих з термінальною стадією серцевої недостатності.

**Фінансування та конфлікт інтересів:** дослідження не має зовнішніх джерел фінансування.

Автори гарантують, що не отримували жодних винагород у будь-якій формі, здатних вплинути на результати дослідження.

**Дотримання етичних норм.** Дослідження виконано згідно з принципами Гельсінської декларації (2013 р.) про дотримання етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини. Протокол дослідження погоджено комісією з біоетики Ковельського МТМО. На проведення дослідження отримано інформовану згоду пацієнтів. Перед початком дослідження всі учасники були поінформовані про мету, методи, можливі ризики та переваги участі. Участь у дослідженні здійснювалася на основі інформованої згоди, і всі респонденти підписали необхідні документи до збору даних. Учасники мали право в будь-який час відмовитися від участі без пояснень.

Дослідження було проведено відповідно до принципів, викладених у Гельсінській декларації, а також згідно з рекомендаціями, встановленими [Етичний комітет Ковельського МТМО], який схвалив протокол дослідження (протокол №5, 23.05.2025 року).

Відповідно до норм конфіденційності всі дані були зібрані анонімно та оброблені з дотриманням чинного законодавства щодо захисту персональних даних, також із Загальним регламентом захисту даних (GDPR), для забезпечення захисту особистої інформації. Уся інформація використовувалася тільки в цілях дослідження.

*Конфлікту інтересів немає.*

*Участь авторів: проєкт дослідження, висновки, редагування статті – В.Т., О.Т., К.Х.; методологічне забезпечення дослідження, збір клінічних даних, статистична обробка даних – В.Т.; аналіз даних, клінічне спостереження за пацієнтом – О.Т.; написання статті – В.Т., О.Т.*

## Література

- Jorde UP, Saeed O, Koehl D, Morris AA, Wood KL, et al. Jan., The Society of Thoracic Surgeons Intermacs 2023 Annual Report: Focus on Magnetically Levitated Devices. *Ann Thorac Surg.* 2024 Jan;117(1):33-44. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2023.11.004>
- Bourque K, Cotter C, Dague C, Harjes D, et al. Design rationale and preclinical evaluation of the heartmate 3 left ventricular assist system for hemocompatibility. *ASAIO J.* 2016 Jul-Aug;62(4):375-83. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000000388>
- Mehra MR, Uriel N, Naka Y, Cleveland JC Jr, Yuzefpolskaya M, et al. Apr., A Fully Magnetically Levitated Left Ventricular Assist Device – Final Report, *N Engl J Med.* 2019 Apr 25;380(17):1618-1627. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1900486>
- Malick A, Ning Y, Kurlansky PA, Melehy A, et al. Development of de Novo aortic insufficiency in patients with heartmate 3. *Ann Thorac Surg.* 2022 Aug;114(2):450-456. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2021.08.074>
- Romero Dorta E, Meyn R, Müller M, Hoermandinger C, et al. Potential benefits of aortic valve opening in patients with left ventricular assist devices. *Artif Organs.* 2025 Mar;49(3):441-450. <https://doi.org/10.1111/aor.14891>
- Ayre PJ, Lovell NH, Woodard JC. Non-invasive flow estimation in an implantable rotary blood pump: a study considering non-pulsatile and pulsatile flows. *Physiol Meas.* 2003 Feb;24(1):179-89. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/24/1/313>
- Bertram CD. Measurement for implantable rotary blood pumps, *Physiol. Meas.* 2005 Aug;26(4):99-117. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/26/4/R01>
- Naiyanetr P, Moscato F, Vollkron M, et al. Continuous assessment of cardiac function during rotary blood pump support: a contractility index derived from pump flow. *J Heart Lung Transplant.* 2010 Jan;29(1):37-44. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2009.05.032>
- Moscato F, Granegger M, Naiyanetr P, Wieselthaler G, Schima H. Evaluation of left ventricular relaxation in rotary blood pump recipients using the pump flow waveform: a simulation study. *Artif Organs.* 2012 May;36(5):470-8. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1594.2011.01392.x>
- Granegger M, Schima H, Zimpfer D, Moscato F. Assessment of aortic valve opening during rotary blood pump support using pump signals. *Artif Organs.* 2014 Apr;38(4):290-7. <https://doi.org/10.1111/aor.12167>
- Granegger M, Masetti M, Laohasurayodhin R, et al. Continuous monitoring of aortic valve opening in rotary blood pump patients. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2016 Jun;63(6):1201-7. <https://doi.org/10.1109/TBME.2015.2489188>
- Hayward C, Lim CP, Schima H, et al. Pump speed waveform analysis to detect aortic valve opening in patients on ventricular assist device support. *Artif Organs.* 2015 Aug;39(8):704-9. <https://doi.org/10.1111/aor.12570>
- Clifford R, Robson D, Gross C, Moscato F, et al. Beat-to-beat detection of aortic valve opening in heartware left ventricular assist device patients. *Artif Organs.* 2019 May;43(5):458-466. <https://doi.org/10.1111/aor.13381>
- Moscato F, Granegger M, Edelmayer M, Zimpfer D, Schima H. Continuous monitoring of cardiac rhythms in left ventricular assist device patients. *Artif Organs.* 2014 Mar;38(3):191-8. <https://doi.org/10.1111/aor.12141>
- Maw M, Gross C, et al. Development of Suction detection algorithms for a left ventricular assist device from patient data. *Biomed Signal Process Control.* Aug. 2021;69:102910. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102910>
- Belkin MN, Kagan V, Labuhn C, Pinney SP, Grinstein J. Physiology and clinical utility of heartmate pump parameters. *J Card Fail.* May 2022;28(5):845-862. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2021.11.016>
- Albert CL, Estep JD. How to optimize patient selection and device performance of the newest generation left ventricular assist devices. *Curr Treat Options Cardiovasc Med.* Aug. 2019;21(9):48. <https://doi.org/10.1007/s11936-019-0748-x>
- Adamopoulos S, Bonios M, Ben Gal T, et al. Right heart failure with left ventricular assist devices: Preoperative, perioperative and postoperative management strategies. A clinical consensus statement of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail.* 2024 Nov;26(11):2304-2322. <https://doi.org/10.1002/ejhf.3323>
- Schlöglhofer T, Gross C, Abart T, et al. HeartMate 3 Snoopy: noninvasive cardiovascular diagnosis of patients with fully magnetically levitated blood pumps during echocardiographic speed ramp tests and Valsalva maneuvers. *J Heart Lung Transplant.* 2024 Feb;43(2):251-260. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2023.09.011>
- Consolo F, Pieri M, Pazzanese V, Scandroglio AM, Pappalardo F. Longitudinal analysis of pump parameters over long-term support with the HeartMate 3 left ventricular assist device. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2023 Oct 1;24(10):771-775. <https://doi.org/10.2459/JCM.0000000000001522>
- Uriel N, Morrison KA, Garan AR, et al. Development of a novel echocardiography ramp test for speed optimization and diagnosis of device thrombosis in Continuous-Flow left ventricular assist devices. *J Am Coll Cardiol.* 2012 Oct 30;60(18):1764-75. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.07.052>
- Bender M, Escher A, Messner B, et al. An atraumatic mock loop for realistic hemocompatibility assessment of blood pumps. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2024 May;71(5):1651-1662. <https://doi.org/10.1109/TBME.2023.3346206>
- Colacino FM, Moscato F, Piedimonte F, et al. A modified elastance model to control mock ventricles in real-time: numerical and experimental validation. *ASAIO ASAIO J.* 2008 Nov-Dec;54(6):563-73. <https://doi.org/10.1097/MAT.0b013e31818a5c93>
- Gupta S, Woldendorp K, Muthiah K, et al. Normalisation of haemodynamics in patients with end-stage heart failure with continuous-flow left ventricular assist device therapy. *Heart Lung Circ.* 2014 Oct;23(10):963-9. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2014.04.259>
- Errill EW. Rheology of blood. *Physiol Rev.* Oct. 1969;49(4):863-888. <https://doi.org/10.1152/physrev.1969.49.4.863>
- Késmárky G, Kenyeres P, Rábai M, Tyth K. Plasma viscosity: a forgotten variable. *Clin Hemorheol Microcirc.* 2008;39(1-4):243-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18503132/>
- Uriel N, Burkhoff D, Rich JD, et al. Impact of hemodynamic ramp Test-Guided HVAD speed and medication adjustments on clinical outcomes: the RAMP-IT-UP multicenter study. *Circ*

- Heart Fail. 2019 Apr;12(4):e006067. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.119.006067>
28. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986 Feb 8;1(8476):307-10. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2868172/>
29. Reyes C, Voskoboynikov N, Chorpenning K, et al. Accuracy of the HVAD pump flow Estimation algorithm. *ASAIO J*. 2016 Jan-Feb;62(1):15-9. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000000295>
30. Stephens AF, Mapley M, Wu EL, et al. HeartWare HVAD Flow Estimator Accuracy for Left and Right Ventricular Support. *ASAIO J*. 2021 Apr 1;67(4):416-422. <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001247>
31. Melnyk AYu, Yaschenko NO. Clinical characteristics and course of refractory heart failure in patients depending on inclusion in the heart transplant waiting list. *Cardiac Surgery and Interventional Cardiology*. 2025;14(2):6-16 (Ukrainian). <https://doi.org/10.31928/2664-3790-2025.2.616>

### **«Bridge to transplantation». First experience in Ukraine using the LVAD CorHeart 6 system**

**V.G. Tanskyi, O.O. Tanska, K.A. Khyzhniak**

Kovel-ECMO hospital district (1182) ELSO, Cardiac Surgery Center, Kovel, Ukraine

The range of mechanical circulatory support (MCS) devices used for two-stage heart transplantation is quite wide – starting from the implantation of an artificial heart, biventricular bypass, left ventricular bypass (LVAD) and ending with the connection of an extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) system. The duration of use of these technologies depends on the chosen MCS method. In particular, LVAD using implanted pumps involves long-term connection of the systems (from a month to several years). The advantage of such systems is the ability for the patient to leave the clinic and maintain an active lifestyle. We present the first experience of implantation of the CorHeart 6 LVAD system in Ukraine. We retrospectively collected preoperative information, treatment course, and clinical outcomes.

**Conclusions.** LVAD systems are the most effective «bridge» to transplantation, because: unload damaged ventricles of the heart: reduce the size, volume and mass of the ventricles; provide effective circulatory support; preserve and improve the functioning of organs and systems, prevent the development of complications of chronic heart failure; increase survival, significantly improve the quality of life and functional status of patients compared to drug therapy.

**Key words:** left ventricular assist device, LVAD, mechanical circulatory support, heart transplantation.