

Аналіз існуючих і пошук нових кількісних критеріїв електромеханічної взаємодії в міокарді – шлях до підвищення ефективності кардіоресинхронізаційної терапії

**Книшов Г.В., Білинський Є.О., Лазоришинець В.В., Вітовський Р.М., Залевський В.П.,
Кравчук Б.Б., Руденко К.В., Распутняк О.В., Ісаєнко В.В., Пішурін О.А., Парацій О.З.,
Трембовецька О.М., Бешляга В.М., Мірошник М.Ю., Бацак Б.В., Дирда М.М.,
Захарчук Н.В., Пунщикова О.О., Сичик М.М., Бойко К.К.**

*Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика,
ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН» (Київ)
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

У статті наводиться аналіз існуючих кількісних критеріїв для діагностики електричної і механічної дисинхронії міокарда та оцінки ефективності ресинхронізаційної терапії. Показана необхідність пошуку додаткових діагностичних критеріїв. Пропонується застосування нового кількісного показника сегментарної електромеханічної затримки в міокарді.

Ключові слова: *електрична, механічна дисинхронія, тканинна доплерехокардіографія, деформація міокарда, відстеження акустичних маркерів, сегментарна електромеханічна затримка.*

Впровадження в клінічну практику таких інтервенційних методів, як кардіоресинхронізаційна терапія (КРТ), відновлювальна хірургія форми ЛШ, імплантація стовбурових клітин, потребує ретельного вивчення електричних та механічних процесів у міокарді. Такі знання особливо необхідні для оптимального підбору пацієнтів до КРТ та об'єктивної оцінки її ефекту.

У більшості досліджень важливим для підбору пацієнтів вважався критерій ширини комплексу QRS (в діапазоні від >120 до >150 мс). Пізніші дослідження засвідчили додаткову роль показників механічної дисинхронії для прогнозування чутливості до КРТ. Проте виявилось, що ширина комплексу QRS недостатньо чітко корелює з успішною КРТ і що позитивний клінічний ефект КРТ не супроводжується пропорційним зменшенням ширини комплексу QRS.

За останнє десятиріччя для виявлення механічної дисинхронії застосовувалися різноманітні технічні можливості та підходи. Міжшлуночкову дисинхронію виявляли за допомогою імпульсно-хвильового доплера, оцінюючи різницю між періодами пересування правого і лівого шлуночків. Вимірювались інтервали від початку комплексу QRS до початку кривої доплерівського спектру швидкості викиду крові в аорту і в легеневу артерію. Різницю між цими інтервалами, що перевищує 40 мс, вважають значущою дисинхронією. Запізнення руху задньої стінки ЛШ відносно міжшлуночкової перегородки виявляли за одновимірною ехокардіограмою, вимірюючи інтервал між піками руху в бік порожнини ЛШ перегородки і задньої стінки (SPWMD). Пацієнтів із величиною інтервалу понад 130 мс вважали претендентами на клінічний і ехокардіографічний позитивний ефект від КРТ. Останнім часом критерії механічної дисинхронії також оцінюються критично з огляду на те, що їх застосування не покращило виявлення пацієнтів, чутливих до КРТ.

Параметри тканинного доплера включають час від кінця діастолі до початку або піка систолічної швидкості. Регіонарна різниця цього часового параметру найчастіше використовується як показник механічної дисинхронії. Проте тканинний доплер має

теоретичні і технічні обмеження. Він вимірює швидкість у напрямі ультразвукового променя, що далеко не завжди збігається з напрямом м'язового волокна. Запис швидкості також може бути суттєво змінений навіть при незначному зміщенні позиції «контрольного об'єму» і таким чином змінить час піку швидкості. Хоча деякі індекси дисинхронії корелювали з позитивною відповіддю на КРТ, їх чутливість і специфічність залишалася досить слабкою. Після проведеного аналізу було зроблено висновок про те, що методології для виявлення механічної дисинхронії потребують подальшого доопрацювання.

Вперше візуалізаційні технології дозволили виявляти механічну дисинхронію з впровадженням індексів деформації міокарда завдяки методу міченої магнітно-резонансної томографії (МРТ). Новітнім підходом до кількісного аналізу деформації міокарда є застосування інформативної технології відстеження акустичних маркерів (Speckle tracking) [5]. На базі двовимірної ехокардіографії методика дозволяє візуалізувати покадрово крапчасту структуру міокарда подібно до методу міченої МРТ. De Boeck and colleagues [6] показали, що індекси деформації, отримані методом Speckle tracking, є більш надійними предикторами позитивної відповіді на КРТ, ніж тканинна доплеркардіографія.

Таким чином, тільки технології, що забезпечують вичерпні і надійні критерії деформації, можуть бути перспективними для достовірної оцінки механічної дисинхронії. Найкращим шляхом до характеристики механічної поведінки асинхронного міокарда є застосування strain-аналізу.

Доступність новітніх методик вимірювання деформації, таких, як відстеження акустичних маркерів та візуалізація векторів швидкості (speckle tracking, velocity vector imaging), відкривають можливість покращити цю характеристику в наступні роки.

Механічна дисинхронія визначається різницею в часі між досягненням початку або піку стрійну. Така різниця може тільки частково відображати втрату шлуночками насосної функції. Більш вичерпне відображення може бути досягнуте з урахуванням індексів дискоординації (кількістю або розподілом розтягнень і скорочень у стінці ЛШ).

Тому в найближчому майбутньому дослідження мають пояснити, до якого ступеня дискоординація і дисинхронія забезпечать додаткову інформацію для виявлення пацієнтів із припущенням щодо позитивної відповіді на КРТ.

Після електричної активації момент початку механічної активності відрізняється як у різних ділянках ЛШ, так і трансмурально в кожній з них [7, 8, 9]. Недавно було показано, що гетерогенність часу електромеханічного спряження перевищує різницю тривалості потенціалу дії в різних шарах міокардіальної стінки [10]. Швидкість трансмурального розповсюдження міокардіального скорочення становить 0,23 м/с і є повільнішою від швидкості електричного проведення (0,49 м/с). Більше того, електромеханічна затримка є довшою в епікардіальних шарах, ніж у субендокардіальних. Ця електромеханічна затримка може бути частково пояснена процесом міокардіального «передрозтягнення». Останні експериментальні дослідження, проведені на серцях поросят, показали, що у фазу ізвольюмічного скорочення мають місце позитивні і негативні хвилі, притаманні фізіологічній асиметрії, при якій субендокардіальне скорочення супроводжується субепікардіальним розтягненням [9, 10]. Також розтягнення у цій фазі було виявлене у субендокардіальних ділянках ЛШ, зокрема, базальних постеролатеральних, до яких збудження надходить в останню чергу. Така реципрокна деформація виникає без зміни об'єму ЛШ (скорочення одних ділянок збалансоване розтягненням інших).

В руслі продовження пошуку нових критеріїв дисинхронії міокарда і для глибшого розуміння електромеханічних процесів серця в нормі і при патології нами запропонований новий кількісний показник – «сегментарна електромеханічна затримка».

Для вирахування цього показника ми використовували векторні петлі деполяризації шлуночків, записані створеною нами спільно з інженерною групою фірми ЮТАС комп'ютерною вектор-електрокардіографічною (ВКГ) системою (програмою). Просторовий аналіз ВКГ дозволив визначити, на якій мілісекунді починається збудження кожного із загальноприйнятих в ехокардіографії анатомічних сегментів лівого шлуночка. Наступним кроком була реєстрація кривих поздовжнього, радіального і циркулярного зміщення та деформації згаданих сегментів із використанням двовимірної ехокардіографії методом відстеження акустичних маркерів (Speckle tracking) на ехокардіографі Agile французької фірми KONTRON. Час електромеханічної затримки (ЕМЗ) кожного сегмента вираховувався від початку збудження цього сегмента до піка кривої його механічної активності (зміщення або деформації).

Наводимо приклад розрахунку сегментарної ЕМЗ у пацієнта з гіпертрофічною кардіоміопатією без обструкції.

Таблиця 1

Показники сегментарної електромеханічної затримки

Сегменти ЛШ	Серце без патологічних змін	Серце з гіпертрофією ЛШ	Характеристики механічної активності
Апікально-боковий	327 мс	400 мс	Поздовжня деформація
	169 мс	310 мс	Радіальна деформація
	347 мс	340 мс	Поздовжнє зміщення
	331 мс	500 мс	Радіальне зміщення
Середньо-задній	327 мс	400 мс	Поздовжня деформація
	169 мс	310 мс	Радіальна деформація
	349	395	Поздовжнє зміщення
	347	360	Радіальне зміщення

Висновки. Використання запропонованого нами показника сегментарної ЕМЗ у форматі просторового аналізу поглибить розуміння складного явища дисинхронії, оскільки він, є простим та легко відтворюваним критерієм при діагностиці і оцінці ефективності ЕКС-лікування. Діагностичне значення сегментарної ЕМЗ потребує подальших досліджень на достатньому контингенті пацієнтів.

Література

1. Abraham W. T., Fisher W. G., Smith A. L., et al. Cardiac resynchronization in chronic heart failure // *N Engl J Med.* – 2002. – Vol. 346. – 1845–53.
2. Bax J. J., Ansalone G., Breithardt O. A., et al. Echocardiographic evaluation of cardiac resynchronization therapy: ready for routine clinical use? A critical appraisal // *J. Am Coll Cardiol.* – 2004. – Vol. 44. – P. 1–9.
3. Pitzalis M. V., Iacoviello M., Romito R., et al. Ventricular asynchrony predicts a better outcome in patients with chronic heart failure receiving cardiac resynchronization therapy // *J. Am Coll Cardiol.* – 2005. – Vol. 45. – P. 65–9.
4. Wyman B. T., Hunter W. C., Prinzen F. W., et al. Mapping propagation of mechanical activation in the paced heart with MRI tagging // *Am J Physiol.* – 1999. – Vol. 276. – P. 881–91.
5. Suffoletto V. S., Dohi K., Kannelson M., et al. Novel speckle tracking radial strain from routine black-and-white echocardiographic images to quantify dyssynchrony and predict response to cardiac resynchronization therapy // *Circulation.* – 2006. – Vol. 113. – P. 960–8.

6. De Boeck D. W., Meine M., Leenders G. E., et al. Practical and conceptual limitations of tissue Doppler imaging to predict reverse remodelling in cardiac resynchronization therapy // Eur J Heart Fail. – 2008. – Vol. 10 (3). – P. 281–90.
7. Helm R. H., Leclercg C., Faris O. P., et al Cardiac dyssynchrony analysis using circumferential versus longitudinal strain: implications for assessing cardiac resynchronization // Circulation. – 2005. – Vol. 111. – P. 2760–7.
8. Sengupta P. P., Khandheria B. K., Korinek J., et al. Apex-to-base dispersion in regional timing of left ventricular shortening and lengthening // J Am Coll Cardiol. – 2006. – Vol. 47. – P. 163–72.
9. Prinzen F. W., Augustijn C. H., Allessie M. A., et al. The time sequence of electrical and mechanical activation during spontaneous beating and ectopic stimulation // Eur Heart J. – 1992. – Vol. 13. – P. 535–43.
10. Ashikaga H., Coppola B. A., Hopfenfeld B. et al. Transmural dispersion of myofiber mechanics: implications for electrical heterogeneity in vivo // J Am Coll Cardiol. – 2007. – Vol. 49. – P. 909–16.
11. Книшов Г. В., Білінський Є. О. та співавт. Патент на корисну модель 86978 (51) МПК А618 5/0452 (2006ю01) Спосіб визначення часу сегментарної електромеханічної затримки в міокарді шлуночків серця. Опубл. 10.01.2014, бюл. № 1/2014.

**Анализ существующих и поиск новых количественных критериев
электромеханического взаимодействия в миокарде — путь к повышению
эффективности кардиоресинхронизационной терапии**

**Кнышов Г.В., Билинский Е.О., Лазоришинец В.В., Витовский Р.М., Залевский В.П., Кравчук Б.Б.,
Руденко К.В., Распутняк О.В., Исаенко В.В., Пищулин А.А., Параций А.З., Трёмбовецкая Е.М.,
Бешляга В.М., Мирошник М.Ю., Бацак Б.В., Дирда М.М., Захарчук Н.В., Пунщикова Е.О.,
Сычик М.М., Бойко К.К.**

В статье приводится анализ существующих количественных критериев для диагностики электрической и механической асинхронии миокарда и оценки эффективности ресинхронизационной терапии. Показана необходимость поиска дополнительных диагностических критериев. Предлагается применение нового количественного показателя сегментарной электромеханической задержки в миокарде.

Ключевые слова: *электрическая, механическая дисинхрония, тканевая доплерэхокардиография, деформация миокарда, отслеживание акустических маркеров, сегментарная электромеханическая задержка.*

**Analysis of Present and Finding a New Quantitative Criteria of Relation between
Electrical and Mechanical Performance in the Myocardium — the Way to Improve
Efficiency of Cardiac Resynchronization Therapy**

**Knyshov G.V., Bilynskiy Ye.O., Lazoryshynets V.V., Vitovskiy R.M., Zalevskiy V.P., Kravchuk B.B.,
Rudenko K.V., Rasputniak O.V., Isaenko V.V., Pishchurin O.A., Paratsiy O.Z., Trembovetska O.M.,
Beshliaga V.M., Myroshnyk M.Y., Batsak B.V., Dyrda M.M., Zakharchuk N.V., Punshchykova E.O.,
Sychyk M.M., Boiko K.K.**

The article presents the analysis of quantitative criteria for determine electrical, mechanical dyssynchrony and assessment of effectiveness of cardiac resynchronization therapy. It has been shown the possibility of findings an additive diagnostic criteria. We have suggested a new quantitative parameter of segmental myocardial electro-mechanical delay.

Key words: *electrical, mechanical dyssynchrony, tissue Doppler imaging, myocardial strain, speckle tracking, segmental electromechanical delay, cardiac resynchronization therapy.*