

Г.В. Дзяк, академик НАМН України, д.м.н., професор, кафедра госпитальної терапії № 2, Дніпропетровська державна медична академія;
М.Ю. Колесник, к.м.н., Запорозький державний медичний університет, УНЦ «Університетська клініка»

Новые возможности в оценке структурно-функционального состояния миокарда при гипертонической болезни

Гипертоническая болезнь (ГБ) остается важной медико-социальной проблемой в Украине и во всем мире. Распространенность этого заболевания постоянно увеличивается, в том числе в детской и подростковой популяциях.

Оценка индивидуального риска при ГБ занимает центральное место в прогнозировании течения заболевания и подборе терапии. Патологические изменения со стороны органов-мишеней свидетельствуют о наличии высокого или очень высокого дополнительного риска сердечно-сосудистых осложнений. Традиционно к признакам поражения миокарда при длительной артериальной гипертензии (АГ) относят наличие гипертрофии левого желудочка (ЛЖ). Наиболее оптимальным методом ее диагностики считается эхокардиография (ЭхоКГ). Согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов (2007) диагностически значимым является превышение значения индекса массы миокарда ЛЖ сердца более 125 г/м^2 для мужчин и 110 г/м^2 – для женщин. В 2012 году Европейской ассоциацией эхокардиографии были пересмотрены референтные значения этого показателя в сторону уменьшения верхнего допустимого предела. Так, для мужчин индекс массы миокарда ЛЖ не должен превышать 115 г/м^2 , а для женщин – 95 г/м^2 . Вероятно, эти изменения найдут отражение в новых рекомендациях по АГ Европейского общества кардиологов, выход которых анонсирован в 2013 году.

В то же время расчетная оценка индекса массы миокарда ЛЖ имеет ряд ограничений. В настоящее время используются несколько формул и критериев, которые применяют для определения гипертрофии ЛЖ. Вследствие этого существует возможность получения разных выводов у одного и того же пациента. При этом нужно учитывать, что расчет массы миокарда ЛЖ проводится чаще всего на основе измерения в М-режиме ЭхоКГ, имеющего ряд существенных ограничений. В частности, не всегда возможно соблюдение правила перпендикулярности эхо-луча по отношению к исследуемым структурам. Корректное определение массы миокарда в М-режиме возможно в случае симметричной гипертрофии, что наблюдается не у всех пациентов. Результаты ЭхоКГ во многом зависят от опытности и уровня подготовки врача, проводящего исследование. В реальной практике редко выполняют трехкратное измерение показателей с усреднением результатов, что рекомендуется Европейской ассоциацией эхокардиографии. Также важной проблемой остается диагностика ранних изменений – до развития гипертрофии и формирования диастолической дисфункции. Вышеперечисленные факторы определяют необходимость усовершенствования диагностики структурно-функционального состояния сердца при АГ.

Последнее десятилетие характеризовалось активным внедрением тканевой доплерографии. В настоящее время применение этой технологии вошло в рутинную практику проведения стандартных эхокардиографических исследований. Большое значение имеет определение соотношения скоростей раннедиастолического трансмитрального потока и движения медиального и латерального сегментов фиброзного кольца митрального клапана (E/e'). Это дает возможность неинвазивной оценки диастолической функции и давления наполнения ЛЖ. Но и этой методике присущи ограничения, связанные с зависимостью от угла сканирования, эффектом суммирования миокардиальных скоростей по ходу луча и т.д. Требуется новых подходов и оценка систолической функции ЛЖ. Фракция выброса – показатель, традиционно используемый для ее характеристики, является, как правило, сохранной у пациентов с гипертонической болезнью.

Стремительное развитие визуализирующих технологий в медицине привело к появлению принципиально новых подходов к оценке структурно-функционального состояния сердца. Среди них особое место занимает спекл-трекинг (англ. speckle tracking – отслеживание пятен) ЭхоКГ. Эта современная неинвазивная методика бурно развивается во всем мире и уже находит свое место не только в научных исследованиях, но и в клинической практике. В настоящей статье будут представлены методологические основы спекл-трекинг-ЭхоКГ и ее возможности в оценке поражения миокарда при гипертонической болезни.

Современная концепция физиологии движения миокарда

Спекл-трекинг-ЭхоКГ основана на современной концепции строения сердечной мышцы, предложенной профессором F. Torrent-Guasp и соавт. (2004). Отправной точкой в ней стала демонстрация сердечной мышцы в форме единой спирально закрученной полосы или ленты (рис. 1). Мышечная полоса берет начало от легочной артерии и заканчивается у корня аорты. Спираль имеет два витка, названных базальным и верхушечным циклом. Базальный цикл состоит из правого и левого сегмента, представленных свободными стенками правого и левого желудочка. Второй виток – верхушечный – состоит из восходящего и нисходящего сегментов (рис. 2). Уникальным фактом является то, что пространственная ориентация полосы вписывается в гармоническую пропорцию золотого сечения Пифагора (600 г. до н.э.) и логарифмической спирали Фибоначчи (1250 г. н.э.). Волокна базального цикла расположены перпендикулярно длинной оси желудочков, огибают правую и левую

стороны и полностью верхушку сердца. Направление волокон апикального цикла соответствует длинной оси желудочков, с преимущественно косой ориентацией волокон.

С точки зрения теории полосы выделяют три фазы сердечного цикла: систолу, диастолу и диастазис. Систола начинается фазой компрессии, во время которой происходит центростремительное сужение волокон базального цикла. Далее следует фаза изгнания, связанная с сокращением нисходящего сегмента полосы. При этом основания желудочков вращаются против часовой стрелки, в результате чего происходит скручивание желудочков и изгнание крови в аорту и легочную артерию (рис. 3). Диастола включает две фазы – декомпрессии и всасывания. В первую фазу происходит начальное сокращение восходящего сегмента полосы, что приводит к вращению основания желудочков по часовой стрелке. В фазу всасывания кровь активно поступает из предсердий в результате полного раскручивания желудочков за счет окончательного сокращения восходящего сегмента. Период диастазиса включает фазу дренажа и сокращения предсердий и соответствует состоянию полного расслабления полосы миокарда.

Таким образом, ключевым в теории полосы является спиральное строение сердечной мышцы, а также ее скручивание и раскручивание во время систолы и диастолы соответственно. Сокращение полосы определяется пространственной ориентацией и направлением движения ее четырех сегментов. Принципиальным моментом является то, что сегменты уникальны функционально, но не морфологически. При патологии спиральевидная форма постепенно сменяется сферической, что значительно снижает сердечный выброс.

Технология спекл-трекинга впервые позволила получить доступный способ количественной оценки показателей апикальной и базальной ротации, скручивания и раскручивания сердца, по-новому оценивать физиологию сокращения и расслабления миокарда.

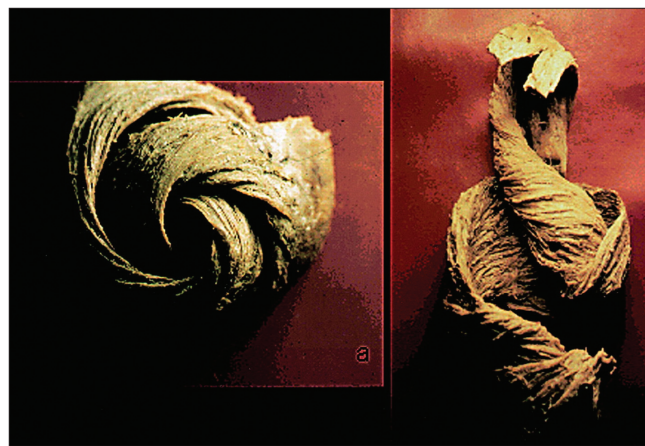
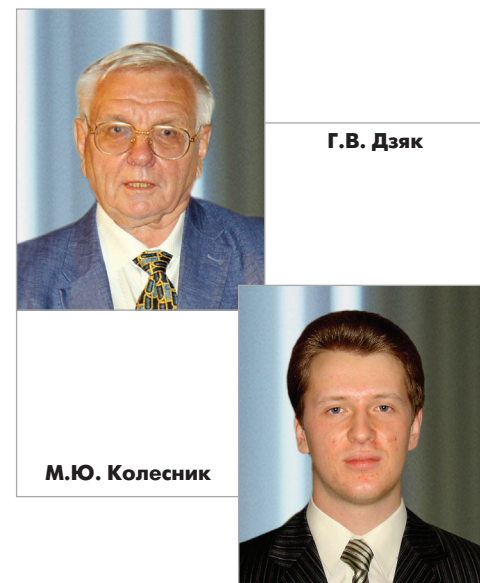


Рис. 1. Анатомический препарат сердечной мышцы в виде спиральной полосы (F. Torrent-Guasp, 2004)



Рис. 2. Четыре сегмента сердечной мышцы согласно теории полосы (F. Torrent-Guasp, 2004)



Физические основы спекл-трекинг-ЭхоКГ

Исторически технология обязана своим происхождением разработкам в сфере безопасности. Речь идет о системах автоматического отслеживания и распознавания объектов видеокамерами по уникальному рисунку лица (например, в аэропортах). Спекл-трекинг-ЭхоКГ основана на определении скорости движения миокарда при помощи отслеживания акустических маркеров – спеклов. Последний представляет собой фрагмент серошкального ультразвукового изображения миокарда размером от 20 до 40 пикселей (рис. 4).

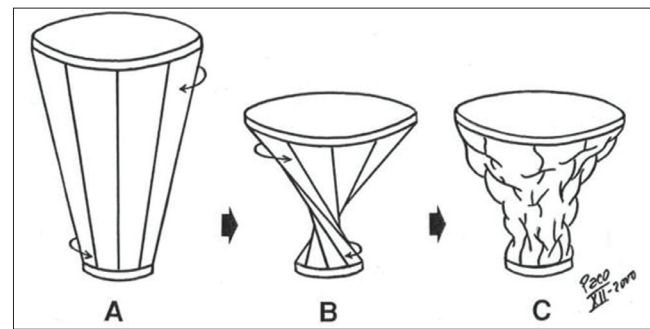


Рис. 3. Схематическое изображение ротации базальных отделов ЛЖ по часовой стрелке и верхушки – против часовой стрелки (А), скручивания в фазу систолы (В), раскручивания в фазу диастолы (С)

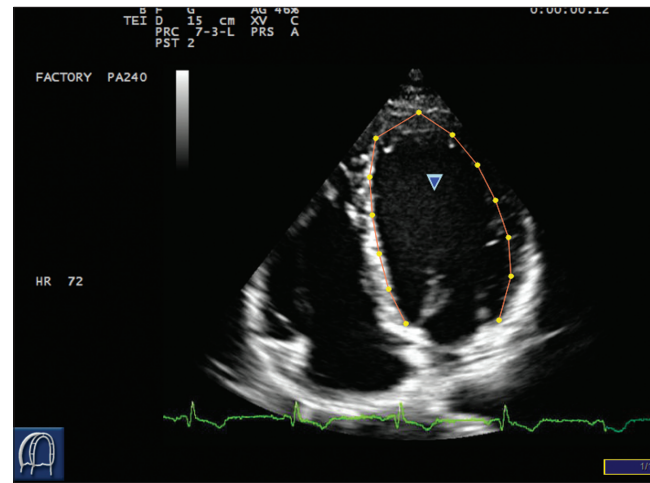


Рис. 4. Отслеживание перемещения спеклов (желтых точек), расположенных по контуру эндокарда ЛЖ в серошкальном режиме эхокардиоскопии

Рисунок каждого спекла является уникальным, как отпечаток пальца. Положение каждого акустического пятна меняется на последовательных кадрах. Таким образом, можно определить расстояние, на которое перемещается пятно от кадра к кадру. Кроме изучения различных параметров движения, спекл-трекинг дает возможность изучения деформационных свойств миокарда.

Терминология спекл-трекинг-ЭхоКГ

1. Стрейн (деформация) – изменение длины волокна относительно исходного. Единица измерения – проценты. Имеет положительное значение в случае удлинения сегмента и отрицательное – в случае укорочения.

Виды стрейна в зависимости от направления движения: – продольный (деформация от базальных сегментов по направлению к верхушке);

– радиальный (деформация от периферии к центру полости ЛЖ);
– циркулярный (деформация по периметру короткой оси ЛЖ).

Виды стрейна в зависимости от анализируемых анатомических территорий:

– сегментарный (деформация каждого сегмента ЛЖ согласно 16- или 17-сегментарной модели его строения);
– средний стрейн (среднее значение деформации всех сегментов, входящих в один ультразвуковой срез);
– глобальный стрейн (среднее значение деформации всех сегментов во всех анализируемых срезах). Данный показатель наиболее изучен на сегодняшний день и, как продемонстрировали исследования, имеет более высокое прогностическое значение, чем фракция выброса ЛЖ (M. Saito, 2012; J. Woo, 2011; G. Cho, 2009).

2. Стрейн-рейт – скорость деформации миокарда. Является производной стрейна, измеряется в 1/с (c^{-1}). Разновидности стрейна и стрейн-рейта идентичны. Также можно оценить этот показатель во время фаз диастолы (раннего наполнения желудочков и систолы предсердий).

3. Ротация – вращение ЛЖ вокруг своей длинной оси. Единица измерения – градус. Различают базальную и апикальную ротацию ЛЖ.

4. Твист – угол закручивания ЛЖ. Определяется как разница между углом апикальной и базальной ротации в систолу, измеряется в градусах.

5. Торсия – закручивание, нормализованное к длине ЛЖ (градусы/см).

6. Антвист – угол раскручивания ЛЖ. Определяется как разница между углом апикальной и базальной ротации в диастолу. Единица измерения – градусы.

Показатели деформации миокарда у больных с гипертонической болезнью

Для оценки структурно-функционального состояния миокарда исследовали 50 мужчин, страдающих ГБ (средний возраст $50 \pm 8,4$ года). Группу контроля составили 15 мужчин сопоставимого возраста. Спекл-трекинг-анализ был выполнен с помощью пакета программ X-Strain (Esaote, Италия). Запись видеопетель была произведена на ультразвуковом сканере My Lab 50 (Esaote, Италия). На момент исследования пациенты не получали антигипертензивные препараты. При АГ регистрировали достоверное снижение показателя глобального продольного стрейна ЛЖ ($-15,79 \pm 2,63\%$ против $-18,31 \pm 3\%$ в группе контроля, $p < 0,05$). При посегментарном анализе снижение носило не симметричный, а мозаичный характер. В частности, наиболее выраженные нарушения регистрировались в базальном перегородочном, среднем и базальном боковых сегментах ЛЖ. Выяснение причин данной неомогенности представляет большой интерес для дальнейших исследований. В этих же сегментах отмечали снижение стрейн-рейта. По мнению многих исследователей, последний показатель в большей степени характеризует собственно сократимость, нежели стрейн. Диастолический стрейн-рейт (период быстрого наполнения) был достоверно ниже у гипертоников – $0,96 \pm 0,17 c^{-1}$ против $1,22 \pm 0,34 c^{-1}$ ($p < 0,05$). При этом показатели циркулярного и радиального стрейна оставались сохранными. Вероятно, указанные нарушения свидетельствуют о субэндокардиальной дисфункции, которая является следствием фиброза, развивающегося из-за увеличенного миокардиального стресса и микрососудистых нарушений. При этом прежде всего страдает именно продольная сократимость ЛЖ (М.Н. Алехин, 2012).

Показатели деформации миокарда у больных с гипертонической болезнью без гипертрофии ЛЖ

Одним из наиболее перспективных направлений использования методики спекл-трекинг-ЭхоКГ представляется оценка кинетики миокарда у больных ГБ без гипертрофии ЛЖ. Выявление ранних функциональных изменений и вмешательство на данном этапе потенциально позволит затормозить процесс патологического ремоделирования сердца. В нашем исследовании у 16 пациентов не отмечалась гипертрофия ЛЖ. При сравнении показателей деформации были получены следующие результаты. Глобальный продольный стрейн был сниженным у гипертоников без гипертрофии ЛЖ ($-15,6 \pm 2,4\%$ против $-18,31 \pm 3\%$, $p < 0,05$). Изменение этого интегрального показателя продольной сократимости произошло за счет локального снижения стрейна в среднем перегородочном, среднем и базальном боковых сегментах ЛЖ (рис. 5, 6). Отмечали уменьшение диастолического стрейн-рейта в фазу ранней диастолы – $0,93 \pm 0,3 c^{-1}$ против $1,23 \pm 0,33 c^{-1}$, $p < 0,05$. Примечательно, что при оценке параметров диастолической функции стандартной ЭхоКГ достоверные отличия по сравнению с группой контроля не регистрировались. Схожие результаты были продемонстрированы и в других исследованиях. Y. Mizuguchi и соавт. (2008) у 70 пациентов с сердечно-сосудистыми факторами риска и нормальной фракцией выброса ЛЖ оценивали систолическую и диастолическую функции продольных, радиальных и окружных волокон ЛЖ с последующим вычислением деформации

миокарда. На основании данного анализа авторы сделали вывод о том, что наиболее ранним и надежным маркером доклинических нарушений сократимости и релаксации ЛЖ является изменение продольной деформации миокарда, поскольку из трех направлений движения миокарда нарушения выявляются прежде всего в продольном направлении. Таким образом, спекл-трекинг позволяет выявлять изменения как систолической, так и диастолической функции ЛЖ до развития его патологической гипертрофии.

Показатели деформации миокарда в зависимости от выраженности патологической гипертрофии ЛЖ

Согласно нормативам Европейской ассоциации эхокардиографии значение индекса массы миокарда ЛЖ для мужчин более $149 g/m^2$ свидетельствует о выраженной степени гипертрофии ЛЖ. В нашем исследовании такая степень отмечалась у 13 человек, а именно достоверное снижение показателя глобального продольного стрейна по сравнению с больными, имеющими умеренную степень гипертрофии ($-14,48 \pm 2,2\%$ против $-17,2 \pm 2,77\%$, $p < 0,05$). Также при выраженной гипертрофии фиксировалось снижение циркулярного стрейна на базальном уровне ЛЖ ($-18 \pm 5,8\%$ против $-22 \pm 3,22\%$ при умеренной гипертрофии, $p < 0,05$). При этом у пациентов с тяжелой гипертрофией регистрировали компенсаторное увеличение апикальной ротации ЛЖ ($6,07 \pm 2,25$ против $9,44 \pm 4,33$ градусов, $p < 0,05$). В исследовании V. Goebel и соавт. также изучали влияние степени гипертрофии ЛЖ на регионарную и глобальную функции миокарда. У пациентов со значительной гипертрофией ЛЖ (индекс массы миокарда ЛЖ больше $149 g/m^2$ у мужчин и $122 g/m^2$ – у женщин) отмечали более выраженное снижение систолической функции продольных и радиальных волокон миокарда, чем при незначительной и умеренной гипертрофии ЛЖ. Таким образом, при выраженной гипертрофии изменения затрагивают не только продольную деформацию, но и циркулярную, радиальную, а также параметры ротации ЛЖ.

Ассоциация параметров деформации миокарда с толерантностью к физической нагрузке (ТФН) при гипертонической болезни

Нами был проведен анализ показателей деформации и вращения ЛЖ у мужчин-гипертоников в зависимости от ТФН. Всем пациентам выполнили субмаксимальный нагрузочный тест на тредмиле T2100 с использованием системы Cardiosoft 6.0 (General Electric, США) по стандартному протоколу Bruce. ТВН оценивали в метаболических эквивалентах (MET). По этому критерию пациентов разделили на две группы – с низкой и высокой толерантностью (табл.). В первой группе отмечалось достоверное снижение продольного глобального стрейна и стрейн-рейта ЛЖ. Также меньшими были показатели диастолического стрейн-рейта в фазу ранней диастолы и систолы предсердий.

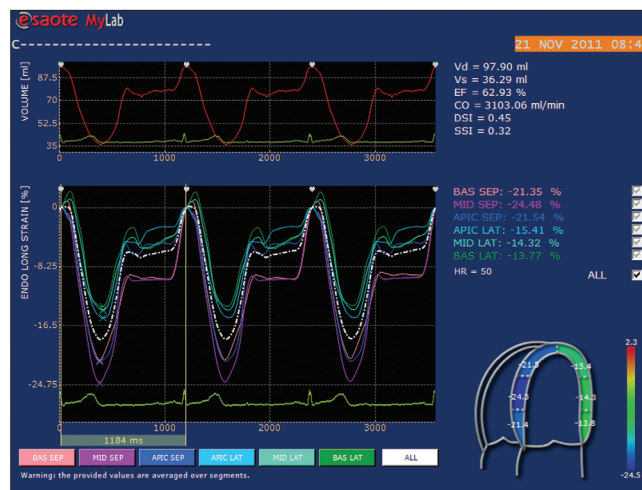


Рис. 5. Исследование продольного стрейна ЛЖ у практически здорового мужчины в возрасте 52 лет. Среднее значение стрейна составляет $-18,5\%$ (норма $> -18\%$)

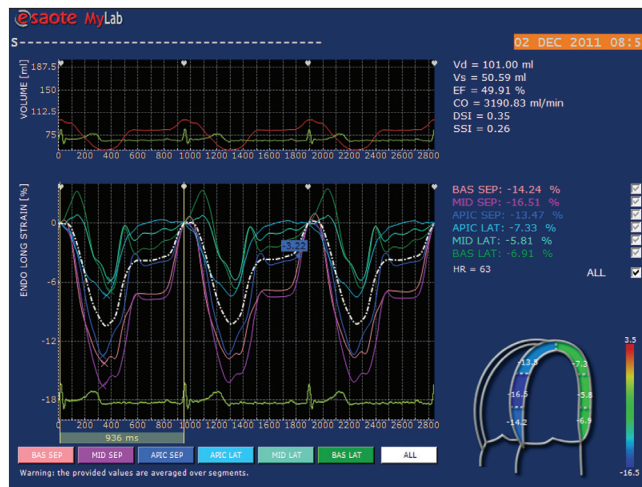


Рис. 6. Исследование продольного стрейна ЛЖ у пациента с гипертонической болезнью без гипертрофии ЛЖ. Среднее значение стрейна составляет $-10,7\%$ (норма $> -18\%$)

Показатель	Больные АГ		P
	Низкая ТФН (n=19)	Высокая ТФН (n=31)	
Глобальный продольный стрейн ЛЖ, %	$-15,54 \pm 2,8$	$-17,15 \pm 2,77$	0,029
Глобальный продольный стрейн-рейт ЛЖ, c^{-1}	$0,93 \pm 0,18$	$1,03 \pm 0,16$	0,03
Продольный стрейн-рейт в раннюю диастолу, c^{-1}	$0,91 \pm 0,41$	$1,12 \pm 0,25$	0,02
Продольный стрейн-рейт в систолу предсердий, c^{-1}	$0,66 \pm 0,2$	$0,75 \pm 0,18$	0,04
Апикальная ротация ЛЖ, градусы	$8,54 \pm 4,39$	$5,72 \pm 2,6$	0,003
Твист ЛЖ, градусы	$13,26 \pm 5,26$	$10,81 \pm 3,4$	0,036

Наряду с этими изменениями у лиц с низкой ТФН отмечалось достоверное увеличение скручивания (твиста) ЛЖ в систолу, преимущественно за счет апикальной ротации. Описанные нарушения могут лежать в основе формирования синдрома диастолической сердечной недостаточности у больных с АГ. Так, в работе Р.Г. Габитовой и соавт. было показано, что у лиц с АГ и симптомами ХСН происходит более выраженное снижение продольного стрейна и стрейн-рейта ЛЖ, увеличение твиста и замедление антвиста ЛЖ.

Использование спекл-трекинг-ЭхоКГ при дифференциальной диагностике патологической и физиологической гипертрофии ЛЖ

Ультразвуковая технология спекл-трекинга применяется в дифференциальной диагностике патологической и физиологической гипертрофии ЛЖ. В своем исследовании L. Toncelli и соавт. показали, что у больных ГБ в сравнении со спортсменами отмечаются более высокие показатели скручивания ЛЖ ($23,7 \pm 5,2$ и $15,2 \pm 4,6$ градусов соответственно, $p < 0,001$), базальной ($-9,2 \pm 3,3$ и $-6,6 \pm 2,5$ градусов соответственно; $p < 0,001$) и особенно апикальной ротации ($14,4 \pm 5,4$ и $8,6 \pm 4,1$ градусов, $p < 0,001$). Характеристики продольной и циркулярной деформации ЛЖ в сравниваемых группах не различались. Изменение показателей деформации у спортсменов также зависит от вида физической нагрузки. У футболистов и велосипедистов наблюдается уменьшение скручивания ЛЖ по сравнению с контрольными группами (Y. Zocalo, 2007). По мнению авторов исследования, уменьшение скручивания позволяет аккумулировать «вращательный резерв», который реализуется во время нагрузки. Важно отметить, что регулярные физические нагрузки могут замедлять уменьшение продольной сократимости ЛЖ, обусловленное возрастом (F. Klebel, 2009). В то же время очень длительные тяжелые физические нагрузки (марафонский бег) приводят к снижению показателей продольного, циркулярного и радиального стрейна (K. George, 2009). В этой связи большие надежды возлагаются на спекл-трекинг в отношении прогнозирования функционального резерва спортсменов, подбора оптимального режима физических нагрузок.

Перспективы использования исследования деформации ЛЖ на фоне антигипертензивной терапии

Безусловный интерес вызывает динамика показателей деформации и вращения ЛЖ под влиянием антигипертензивной терапии, что исследовалось лишь в единичных работах. Так, у больных с АГ терапия биспрололом уже через две недели приводила к уменьшению продольного стрейна в сочетании с повышением циркулярного. В конечном итоге это увеличивало ударный объем ЛЖ (V. Palmieri, 2009). В исследовании F. Gosse и соавт. годичная терапия ингибиторами АПФ способствовала нормализации показателей глобального продольного стрейна ЛЖ в сочетании с регрессом его гипертрофии.

Заключение

1. Методика спекл-трекинг-ЭхоКГ представляет собой перспективный инструмент оценки структурно-функционального состояния сердца при АГ.
2. Технология спекл-трекинга позволяет проводить раннюю диагностику нарушений миокарда у гипертоников до развития гипертрофии ЛЖ. Наиболее информативными показателями на данной стадии являются продольный стрейн и стрейн-рейт ЛЖ.
3. Прогрессирование гипертрофии ЛЖ затрагивает изменения уже не только продольного, но и циркулярного, радиального стрейна, а также параметров вращения ЛЖ вокруг его продольной оси.
4. Снижение показателей деформации миокарда и увеличенная апикальная ротация ЛЖ ассоциируются с низкой ТФН при АГ.
5. Спекл-трекинг может служить диагностическим инструментом в дифференциальной диагностике патологической и физиологической гипертрофии ЛЖ.