

УДК 612.17:612.2:769.071.2

Чибисов В. И.

Говоруха А. А.

Днепродзержинский колледж физвоспитания

Николаев Н. И.

Лечебный центр Генеза, Днепропетровск

Рейдерман Ю. И. к. т. н., доцент

Сухомлин В. И. к. т. н., доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

## ДИАГНОСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА СЕРДЦА ПО ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ЕГО МИОКАРДА

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы использования для диагностики функционального состояния сердечно-сосудистой системы кроме традиционных показателей гемодинамики (ударного и минутного объема, фракции изгнания) также и показателей физико-механических свойств – градиентов модуля упругости и напряженно-деформированного состояния стенки миокарда. Авторами была разработана методика расчета этих показателей по данным замера эхокардиографии. Использование этих показателей позволит расширить возможности дорогой аппаратуры для ультразвукового обследования сердечно-сосудистой системы и улучшить качество диагностики.

**Ключевые слова:** миокард, левый желудочек, градиент модуля упругости, плод, новорожденные.

**Введение.** Несмотря на постоянные ссылки в литературе о внедрении в практику диагностики дорогой иностранной измерительной аппаратуры по ультразвуковому исследованию сердечно-сосудистой системы, аппаратура эта используется все еще не эффективно. Преобладает использование ее для визуального контроля патологических отклонений. Даже имеющееся программное обеспечение, прикладываемое разработчиками аппаратуры УЗИ, для вычисления в режиме ПК традиционных параметров фактически при диагностике не используется.

Среднестатистические показатели геометрических размеров сердца для практически здоровых и имеющих характерные патологические отклонения образуют общие статистические совокупности, и потому мало информативны при анализе протокола обследования конкретного индивидуума, попросту бесполезны.

Авторы предложили для диагностики функционального состояния сердечно-сосудистой системы использовать кроме традиционных показателей гемодинамики (ударного и минутного объема, фракции изгнания) и показатели физико-механических свойств – градиентов модуля упругости и напряженно-деформированного состояния стенки миокарда. Использование этих показателей позволит расширить возможности дорогой аппаратуры для ультразвукового обследования сердечно-сосудистой системы и улучшить качество диагностики.

**Цель исследования:** разработка методики расчета показателей физико-механических свойств – градиентов модуля упругости и напряженно-деформированного состояния стенки миокарда по данным замера эхокардиографии.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Одним из показателей физико-механических свойств материалов есть модуль упругости  $E$  – показатель, описывающий зависимость деформаций от вызывающих их напряжений  $\sigma$ . В случае растяжения образ-

цов мышцы длиной  $l_0$  и силой  $F$  величина  $\sigma = F/S$ , где  $S$  – площадь поперечного сечения образца, зависит от  $\varepsilon = \Delta l/l_0$  так, как показано на рис. 1.

Зависимость эта не линейна и в отличие от других материалов, например металлов, модуль упругости материала в покоящейся мышце  $E = tg \lambda$  возрастает с ее растяжением. Величина  $E$  зависит от структуры клетки материала и изменяется с изменением структуры. Причиной изменения структуры клеток может быть механическое и химическое воздействие на клетку.

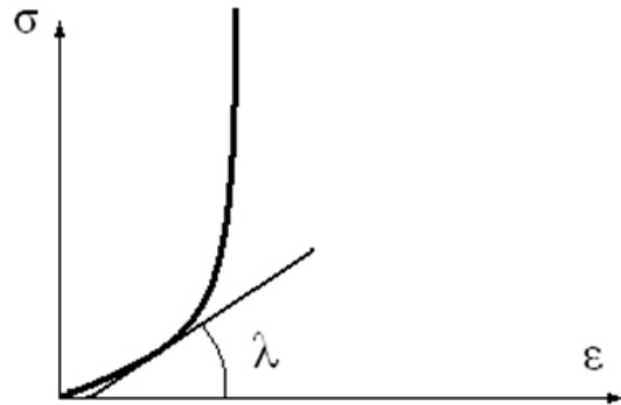


Рис. 1. Зависимость  $\sigma$  от  $\varepsilon$  для мышцы миокарда

Так как мышечная ткань состоит на 75% из воды, то при воздействии на клетки происходит образование положительных свободных радикалов типа  $OH$  или  $H$  с последующим образованием продуктов с высокой химической активностью. Химически активные соединения взаимодействуют с молекулами органического вещества мышечной ткани, окисляя и изменяя ее. (Этот процесс сродни свободно радикальному окислению металла, коррозия металлов). Металл от этого теряет свои свойства, так как и мягкие ткани человека, в том числе и мышечная ткань. Появлению

свободных радикалов способствуют ионизирующее излучение, ультразвуковое излучение, лекарственные препараты с различным механическим воздействием на клетку, стрессы и повышенные физические нагрузки (последние провоцируют повышение снабжения клеток кислородом крови). В дальнейшем под действием этих первичных процессов в клетках мышц возникают функциональные изменения работы органов, которые определяются состоянием мышц. Работа левого желудочка сердца (ЛЖ) зависит от сердечной мышцы миокарда. Согласно вышесказанному для сердечной мышцы справедливо выражение:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon;$$

$$\varepsilon = \Delta V / V,$$

где  $\sigma$  – напряжение в стенке левого желудочка;

$V$  – объем полости в период диагностики;

$\Delta V$  – изменение объема полости конкретно обследуемого от диастолы к системе.

$$\sigma = A \cdot \Delta P,$$

где  $\Delta P = P_c - P_d$ ;

$P_c$  и  $P_d$  – давление в систолу и диастолу;

$A$  – безразмерный коэффициент, отражающий влияние геометрической формы левого желудочка и соотношение размеров его полости к толщине стенки миокарда в период диастолы.

$V$ ,  $\Delta V$ , и  $A$  определяются по данным эхокардиографии:

$$E \cdot (\Delta V / V) = A \cdot \Delta P;$$

$$E / \Delta P = A \cdot (V / \Delta V). \quad (1)$$

Из формулы (1) видно, что градиент модуля упругости  $E / \Delta P$  характеризует физико-механические свойства миокарда и различен у практически здоровых (ПЗ) обследуемых и лиц с патологией, обусловленной изменением структуры клеток миокарда.

Таким образом можно ожидать, что для левого желудочка данные для  $E / \Delta P$  будут различны для здоровых лиц и лиц с патологиями, создающими условия для изменения структур миокарда, а именно: занимающихся тяжелым физическим трудом, принимающих анаболики, допинг-средства, лекарственные препараты при онкозаболеваниях, подвергшихся ионизирующему облучению, с НМК (недостаточностью митрального клапана) и МС (митральным стенозом). Формула (1) предполагает, что рассматривается толстостенный эллипсоид, для которого  $\Delta V \gg 0$ . При этом наличие отверстий для изгнания и наполнения кровью полости не учитывается. Вместе с тем, величина этих отверстий и плотность закрытия их влияют на величину  $\Delta P$  при изгнании  $\Delta V$ . И, если фактическое уменьшение отверстия, через которое кровь изгоняется, у конкретного обследуемого вносит погрешность при определении  $E / \Delta P$  в сторону увеличения отношения, то НМК (неплотное прилегание митрального клапана) накладывает погрешность в сторону уменьшения расчетного по формуле (1). Но, как показала практика, отличие  $E / \Delta P$  лиц с патологиями НМК и МС от лиц ПЗ за счет изменения клеточной структуры столь велико, что позволяет вышеуказанными погрешностями пренебречь и различия величин  $E / \Delta P$  у лиц ПЗ, МС и НМК информативно различны, что нами доказано [2; 3].

Очевидно, что патологии МС и НМК заставляют сердце для обеспечения нормального снабжения кровью выполнять работу больше, чем таковую вы-

полняет сердце у лиц с ПЗ. Ниже покажем, насколько информативно при диагностике принадлежности к группе ПЗ, МС, НМК использовать показатель градиента модуля упругости.

Результаты исследования информативности и возможности использования показателя градиента модуля упругости миокарда для диагностики функционального состояния сердца у лиц 17–50 лет изложены в работах [1–3]. Расчеты показателя производились по методике, предложенной авторами. В качестве исходных в большинстве случаев использовались данные эхокардиографии, полученные авторами, или опубликованные в печати, в частности [4]. При расчетах показателей для детей и подростков в возрасте 7–16 лет использовали данные эхокардиографии, приведенные в работе [5]. Отметим, что в работе [6] приведены геометрические размеры полости левого желудочка, использование которых в практике диагностирования проблематично, ибо даны только максимальные размеры, средние и минимальные размеры отсутствуют. Сравнение результатов расчета показателей, в том числе и градиента модуля упругости для лиц разного возраста показало их информативное различие. В частности, с возрастом показатель градиента модуля упругости увеличивается (материал миокарда становится жестче). Это подтверждает необходимость восполнить отсутствие опубликованных данных о, как традиционно используемых при диагностике данных показателей гемодинамики, так и данных о градиенте модуля упругости для обследуемых в возрасте до 7 лет и у внутриутробного плода.

Воспользуемся приведенными в [7] данными (табл. 1) о геометрических размерах новорожденных, рассчитаем и приведем в качестве справочных данные соответствующих показателей (табл. 2).

В табл. 2 приведены, рассчитанные авторами, данные средних значений показателей для новорожденных. Номер (1+10) по порядку означает, что это данные для детей, имеющих разную массу  $M$  тела. Четные номера – данные для девочек, нечетные – данные для мальчиков.

KDO – конечный диастолический объем левого желудочка, см<sup>3</sup>;

KCO – конечный систолический объем левого желудочка, см<sup>3</sup>;

GU – градиент модуля упругости, безразмерно;

UO – ударный объем, см<sup>3</sup>;

FI – фракция изгнания, %;

GI – градиент ирригации (обжатия) стенки миокарда, безразмерно;

MM – масса миокарда левого желудочка, г;

M – масса новорожденного, кг.

В табл. 3 приведены рассчитанные авторами данные о максимальных и минимальных значениях показателей для новорожденных.

Во врачебной практике результаты описанных выше исследований предложено использовать для выдачи заключения о вхождении обследуемых новорожденных в интервал, характерный для типа практически здоровых новорожденных соответствующей массы и пола (табл. 2–4). Учитывая, что количество обследуемых, по данным которых составлялись исходные таблицы, превысило 50, коэффициент Стьюдента согласно математической статистике принима-

Таблица 1

## Геометрические размеры ЛЖ новорожденных [7]

№	КДР, см	КСР, см	ТМД, см	ТМС, см
1	1,6	1,0	0,3	0,36
2	1,5	1,0	0,2	0,24
...	...	...	...	...
10	1,9	1,2	0,3	0,36

Таблица 2

## Данные для новорожденных, рассчитанные по геометрическим размерам при эхокардиографии [7] (средние значения)

№	М, кг	KDO, см <sup>3</sup>	KCO, см <sup>3</sup>	GU, Б/Р	UO, см <sup>3</sup>	Fi, %	GI, Б/Р	MM, г
1	2,0–2,5	7,17	2,06	8,68	5,11	71,28	5,11	4,20
2	2,0–2,5	6,06	2,06	12,57	4,00	66,01	7,71	2,45
...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	4,1–4,5	11,2	3,36	10,0	7,81	69,91	6,31	5,29

Таблица 3

## Среднеквадратичные отклонения данных показателей табл. 1 для новорожденных, рассчитанные по геометрическим размерам при эхокардиографии [7]

№	М, кг	KDO, см <sup>3</sup>	KCO, см <sup>3</sup>	GU, Б/Р	UO, см <sup>3</sup>	Fi, %	GI, Б/Р	MM, г
1	2,0–2,5	5,05	1,55	11,14	3,51	69,41	7,10	2,22
2	2,0–2,5	4,16	1,12	9,80	3,04	73,05	6,51	2,00
...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	4,1–4,5	8,39	2,66	13,00	5,73	68,26	8,91	2,92

Таблица 4

## Данные максимальных значений для новорожденных, рассчитанные по геометрическим размерам при эхокардиографии [7]

№	М, кг	KDO, см <sup>3</sup>	KCO, см <sup>3</sup>	GU, Б/Р	UO, см <sup>3</sup>	Fi, %	GI, Б/Р	MM, г
1	2,0–2,5	11,17	3,36	8,20	7,81	69,91	4,49	7,30
2	2,0–2,5	9,72	3,36	10,69	6,36	65,43	5,96	4,92
...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	4,1–4,5	18,12	6,06	9,92	12,06	66,75	5,64	9,34

Таблица 5

## Данные эхокардиографии плода по [8]

Срок плода	КДР, мм	КСР, мм	ТМД, мм	ТМС, см
16–21	5,5±1,0	2,2±0,6	1,9±0,6	0,228
22–29	9,0±1,7	3,5±0,8	2,0±0,9	0,240
30–39	10,9±1,7	5,1±0,9	3,0±1,1	0,360

ли при P=95% равным 2. Отрицательное заключение о возможности включения данных по левому желудочку конкретно обследуемого новорожденного, свидетельствует о необходимости углубленного обследования врачом-кардиологом. Авторами раз-

работан алгоритм решения задачи использования данных УЗИ врачами-практиками. Разработаны программы на языках ТурбоПаскале (для установки на ПК) и МидлетПаскале для установки на мобильном телефоне. Программа занимает меньше 100 кило-

Таблица 6  
Результаты расчета по исходным табл. 5

Срок плода	KDO, см <sup>3</sup>	KCO, см <sup>3</sup>	УО, см <sup>3</sup>	Fi, %	ГМУ, Б/Р	ГО, Б/Р	ММ, г
16–21	0,395	0,028	0,366	92,8	3,990	2,848	0,534
22–29	1,546	0,109	1,437	92,9	4,775	4,215	1,174
30–39	2,597	0,319	2,278	87,7	4,824	3,28	2,481

Таблица 7  
Данные эхокардиографии плода 20-недельного

№	Срок беременности, нед.	Пол	КДР, см	КСР, см	ТМД, см	ТМС, см
1	20,2	Д	0,53	0,39	0,21	0,35
2	21,2	М	0,78	0,44	0,24	0,42
...	...	...	...	...	...	...
30	21	-	0,66	0,48	0,19	0,23

Таблица 8  
Данные эхокардиографии 30-недельного плода

№	Срок беременности, нед.	Пол	КДР, см	КСР, см	ТМД, см	ТМС, см
1	33,6	М	1,1	0,57	0,37	0,57
2	32,5	Д	1,1	0,51	0,36	0,54
...	...	...	...	...	...	...
32	30-34	-	1,40	1,00	0,29	0,35

Таблица 9  
Результаты расчета по исходным табл. 7

№	КДО, см <sup>3</sup>	KCO, см <sup>3</sup>	УО, см <sup>3</sup>	Фi, %	ГМУ, Б/Р	ГОм, Б/Р	ММ, гр.
1	0,36	0,15	0,21	57,15	9,37	3,09	0,58
...	...	...	...	...	...	...	...
15	0,44	0,12	0,32	72,90	6,60	2,90	1,30
Хср.	0,64	0,22	0,44	65,75	8,20	3,30	0,96
$\sigma$	0,24	0,09	0,19	6,53	1,12	0,84	0,28
min	0,29	0,08	0,18	53,46	6,60	2,05	0,55
max	1,04	0,37	0,82	74,60	10,00	5,10	1,56
25%	0,37	0,15	0,23	60,30	7,01	2,90	0,77
75%	0,81	0,29	0,54	72,00	8,89	3,39	1,09

**Примечание.** В таблицах 9, 10  $X_{cp}$  – среднее значение соответствующего показателя;  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение соответствующего показателя; min, max – минимальные и максимальные показатели выборки; 25%, 75% – показатели, соответствующие рассеиванию стандартизованных значений в пределах 0,25 и 0,75.

байт памяти.

В работе [8] приведены данные эхокардиографии о геометрических размерах левого желудочка плода (табл. 5). Обсчитаем по указанной выше программе эти данные (табл. 6).

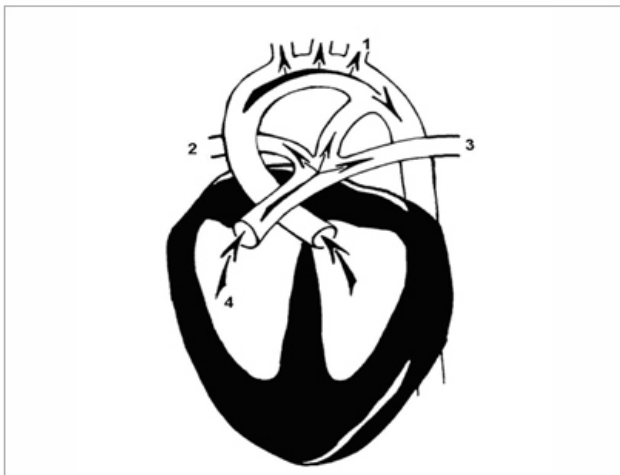
Авторы сочли необходимым создать для использования в своей работе таблицы, подобные приведенным

в [8], которым они бы доверяли. В коллектив работающих по данной проблеме входил опытный специалист – врач, выполняющий внутриутробные УЗИ сердца плода Н. И. Николаев, Полученные данные были им систематизированы и представлены в табл. 7, 8.

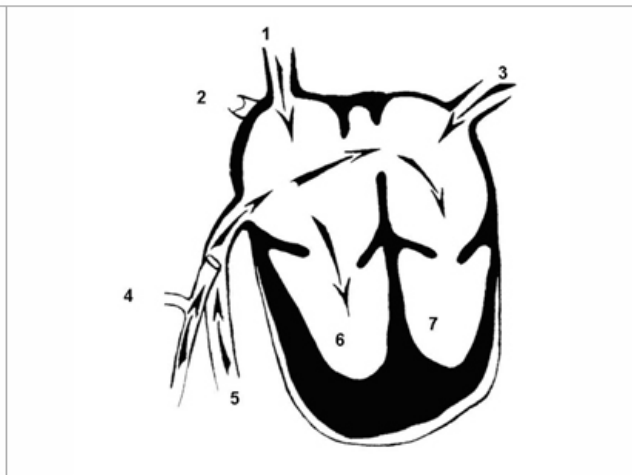
Метод использования этих данных аналогичен вышеизложенной методике для новорожденных.

Таблиця 10  
Результати расчета по исходным табл. 8

№	КДО, см <sup>3</sup>	КСО, см <sup>3</sup>	УО, см <sup>3</sup>	ФІ, %	ГМУ, Б/Р	ГОМ, Б/Р	ММ, г
1	4,77	1,01	3,77	78,80	5,49	2,87	5,49
...	...	...	...	...	...	...	...
19	5,05	2,05	2,99	59,00	10,60	4,49	7,70
Хср.	3,62	1,24	2,39	65,32	8,58	3,73	5,13
Σ	1,76	0,66	1,22	8,92	1,69	1,01	2,43
min	1,12	0,34	0,78	51,00	5,49	2,05	1,48
max	6,82	2,66	4,26	78,80	10,60	5,50	8,83
25%	2,05	0,77	1,21	57,00	7,05	2,87	3,36
75%	5,05	1,79	3,38	71,44	10,37	4,74	7,70

**Рис. 2. Систола**

1 – Боталлов проход, 2 – правая легочная артерия, 3 – левая легочная артерия, 4 – легочный ствол

**Рис. 3. Диастола**

1 – верхняя полая вена, 2 – нижняя полая вена, 3 – легочная вена, 4 – пуповина, 5 – вена правосторонняя, 6 – правый желудочек, 7 – левый желудочек

**Рис. 4. Сердце плода****Рис. 5. Сердце новорожденного**

Анализ данных вышеприведенных таблиц показывает, что градиент модуля упругости миокарда у плода, новорожденных и обследуемых иных возрастных групп значимо различен. Роль этого показателя в диагностике состояния сердца плода может быть определяющей, ибо, если у лиц различных возраст-

ных групп такая диагностика в значительной степени возможна по данным показателей гемодинамики ЛЖ, то у плода недостатки ЛЖ могут быть завуалированы, т. к. функции ЛЖ могут брать на себя протоки.

У плода система кровообращения не такая как у новорожденного, (рис. 2–5).

Т. к. функцию лёгких, которые у плода не функционируют, берёт на себя плацента, где происходит обмен веществ ( $O_2$  и  $CO_2$ ), для регулирования кровоснабжения и кислорода, имеются дополнительные шунты (фетальные коммуникации), которые в случае недостатка кислорода, изменяя свой диаметр, перераспределяют кровь, увеличивая подачу кислорода к жизненно важным органам (мозг, сердце). Фетальные коммуникации: венозный проток, овальное окно, артериальный проток. Фетальные коммуникации существуют у плода, но исчезают у новорожденного.

В сердце плода за счет овального окна кровь из правого предсердия через левое предсердие поступает в левый желудочек. Смешанная кровь, проходя через правый и левый желудочки, поступает в нисходящую аорту через восходящую аорту и легочный ствол. Аорта даёт питание сердцу и мозгу, она больше обогащена кислородом. У плода из легочного ствола только 20% крови поступает к лёгким. А остальная кровь через Ботталов проток (артериальный проток) поступает в нисходящую аорту. Поэтому ход крови через сердце параллельный, а у новорожденного потоки крови не смешиваются и ход крови последовательный. При гипоксии происходит перераспределение крови за счет изменения диаметра фетальных коммуникаций, поэтому выброс крови из левого желудочка не играет такой важной роли у плода как у новорожденного.

Таким образом, у плода данные о гиподинамии левого желудочка (ударный объем, фракция изгнания) менее информативны при диагностике состояния левого желудочка. И на оборот, особую информатив-

ность при диагностике состояния левого желудочка плода приобретают данные о значениях физико-механических свойств миокарда левого желудочка. На практике рекомендуется при проведении эхокардиографии плода определять геометрические размеры левого желудочка (КДР, КСР, ТМД или ТМС) после этого по предложенной нами методике рассчитывать КДО, КСО, УО, Фи, ГМУ, ГО, ММ и проверять входят ли полученные значения в интервал (табл. 7–11) для практически здоровых. Если не входят, то необходимо кардиологу уделить внимание сердцу обследуемого новорожденного. То есть, по результатам эхокардиографического обследования плода проводится его мониторинг.

#### Выводы:

1. Проанализированы и обработаны данные о размерах геометрических параметров левого желудочка, приведенные для новорожденных.

2. Рассчитаны как традиционно используемые в кардиологии для взрослых показатели гемодинамики ЛЖ, так и предложенные авторами для использования, данные о физико-механических свойствах миокарда ЛЖ.

3. Предложена методика использования полученных авторами результатов для мониторинга состояния ЛЖ новорожденных.

4. Проведены внутриутробные УЗИ плодов, получены данные о геометрических размерах полости левого желудочка на 21...31 неделях беременности.

#### Перспективы дальнейших исследований.

Результаты исследований целесообразно представить в виде, пригодном для целей медицинской телеметрии.

#### Список использованной литературы:

1. Дзяк Г. В. Сердце спортсмена – анализ биомеханика / Г. В. Дзяк, Ю. И. Рейдерман. – Днепропетровск: Пороги, 2002. – 166 с.
2. Біофізика серця спортсмена / [Яковлев Г. М., Рейдерман Ю. І., Бойко В. І. та інш.]. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2006. – 50 с.
3. Сердце спортсмена анализ биомеханика / [Дзяк Г. В., Бойко В. И., Перемитько В. В., Рейдерман Ю. И.]. – Днепропетровск: ДГТУ, 2007. – 250 с.
4. Мухарьямов Н. М. Ультразвуковая диагностика в кардиологии / Н. М. Мухарьямов. – Москва: Медицина, 1981. – 156 с.
5. Эхокардиографический метод исследования в педиатрии: [сб. научн. работ: под ред. Матюшина И. Ф.]. – Горький: Горьковский государственный медицинский институт, 1978. – 88 с.
6. Капустин С. В. Ультразвуковые исследования в таблицах и схемах / С. В. Капустин, С. И. Пиманов. – Витебск: Витебский государственный медицинский университет, 2005. – 64 с.
7. Кожарская Л. Г. Сердечно-сосудистая система у новорожденных: [учебно-методическое пособие] / Л. Г. Кожарская, Г. Л. Качан. – Минск: БелМАПО, 2006. – 48 с.
8. Беспалова Е. Д. Эхокардиография плода (алгоритм исследования) / Е. Д. Беспалова // Детские болезни сердца и сосудов. – 2007. – № 3. – С. 72–79.

Стаття надійшла до редакції 10.11.2013 р.

Опубліковано: 30.12.2013 р.

**Анотація.** Чибісов В., Говоруха А., Ніколаєв М., Рейдерман Ю., Сухомлін В. **Діагностика функціонального стану лівого шлуночка серця за фізико-механічними показниками його міокарда.** Розглянуто питання використання для діагностики функціонального стану серцево-судинної системи окрім традиційних показників гемодинаміки (ударного і хвилинного об'єму, фракції вигнання) також і показників фізико-механічних властивостей – градієнтів модуля пружності та напружено-деформованого стану стінки міокарда. Авторами була розроблена методика розрахунку цих показників за даними виміру ехокардіографії. Використання цих показників дозволить розширити можливості дорогої апаратури для ультразвукового обстеження серцево судинної системи і поліпшити якість діагностики.

**Ключові слова:** міокард, лівий шлуночок, градієнт модуля пружності, плід, новонароджені.

**Abstract.** Chibisov V., Govorukha A., Nikolaev N., Reyderman Yu., Sukhumlin V. **Diagnosis of the functional state of the left ventricle of the heart to physical and mechanical characteristics of its myocardial.** This article contains information about how to use for diagnosis of functional State of the cardiovascular system in addition to traditional of hemodynamics (percussion and minute volume, ejection fraction) and indicators of physical and mechanical properties of gradient-elastic modulus and stress strain State of myocardial wall. The authors developed a methodology for calculating these indicators according to the measurement of echocardiography. The use of these indicators will enhance the expensive equipment for ultrasonic examination of cardiovascular diseases and improve the quality of diagnosis.

**Key words:** cardiac muscle, the left ventricle, the gradient of the elastic modulus, the fetus, newborns.

**References:**

1. Dzyak G. V., Reyderman Yu. I. Serdtse sportsmena – analiz biomekhanika [Athlete's heart – analysis of biomechanics], Dnepropetrovsk, 2002, 166 pp. (rus)
2. Yakovlev G. M., Reyderman Yu. I., Boyko V. I. Biofizika sertsya sportsmena [Biophysics of heart of the athlete], Dniprodzerzhinsk, 2006, 50 p. (ukr)
3. Dzyak G. V., Boyko V. I., Peremitko V. V., Reyderman Yu. I. Serdtse sportsmena analiz biomekhanika [Athlete's heart biomechanics analysis], Dneprodzerzhinsk, 2007, 250 p. (rus)
4. Mukharlyamov N. M. Ultrazukovaya diagnostika v kardiologi [Ultrasound in cardiology], Moskva, 1981, 156 p. (rus)
5. Matyushina I. F. Ekhokardiograficheskiy metod issledovaniya v pediatrii [Echocardiographic method of research in pediatrics], Gorkiy, 1978, 88 p. (rus)
6. Kapustin S. V., Pimanov S. I. Ultrazukovyye issledovaniya v tablitsakh i skhemakh [Ultrasound examinations in tables and charts], Vitebsk, 2005, 64 p. (rus)
7. Kozharskaya L. G., Kachan G. L., Kozharskaya L. G. Serdechno-sosudistaya sistema u novorozhdennykh [The cardiovascular system in newborns], Minsk, 2006, 48 p. (rus)
8. Bespalova Ye. D. Detskiye bolezni serdtsa i sudov [Baby heart and vascular disease], 2007, vol. 3, pp. 72–79. (rus)

Received: 10.11.2013.

Published: 30.12.2013.

**Виктор Иванович Чибисов**, alma31@mail.ru; Днепродзержинский колледж физвоспитания: ул. Тельмана 10, г. Днепродзержинск, Днепропетровская область, 51900, Украина.

**Алена Алексеевна Говоруха**, alma31@mail.ru; Днепродзержинский колледж физвоспитания: ул. Тельмана 10, г. Днепродзержинск, Днепропетровская область, 51900, Украина.

**Николай Иванович Николаев**, alma31@mail.ru; Лечебный центр Генеца: ул. Казакевича 13, Днепропетровск, 49066, Украина.

**Юрий Израилевич Рейдерман**, к. т. н., доцент, alma31@mail.ru; Днепродзержинский государственный технический университет: ул. Днепростроевская 2, г. Днепродзержинск, 49117, Украина.

**Владимир Иванович Сухомлин**, к. т. н., доцент, alma31@mail.ru; Днепродзержинский государственный технический университет: ул. Днепростроевская 2, г. Днепродзержинск, 49117, Украина.

**Viktor Chibisov**, alma31@mail.ru; Dneprodzerzhinsk College of Physical Education: Telmana str.10, Dneprodzerzhinsk, Dnipropetrovsk region, 51900, Ukraine.

**Alena Govorukha**, alma31@mail.ru; Dneprodzerzhinsk College of Physical Education: Telmana str.10, Dneprodzerzhinsk, Dnipropetrovsk region, 51900, Ukraine.

**Nickolai Nikolaev**, alma31@mail.ru; Medical center of Genesis: Kazakevicha Str. 13, Dnepropetrovsk, 49066, Ukraine.

**George Reyderman**, Ph.D. (Technical), Associate Professor, alma31@mail.ru; Dneprodzerzhinsk State Technical University: Dneprostroyevskaya str. 2, Dneprodzerzhynsk, 49117, Ukraine.

**Vladimir Sukhomlin**, Ph.D. (Technical), Associate Professor, alma31@mail.ru; Dneprodzerzhinsk State Technical University: Dneprostroyevskaya str. 2, Dneprodzerzhynsk, 49117, Ukraine.

