



© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017
УДК 612.12-073.97

Возможности инокардиографии в определении систолической функции левого желудочка при скрининговых обследованиях военнослужащих

СУРЖИКОВ П.В., кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы
(surj.md@gmail.com)
КИЦЫШИН В.П., профессор, полковник медицинской службы
ЛОКШИНА Т.Р.

Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург

На 230 пациентах изучены возможности определения сократительной функции миокарда методом регистрации колебаний вертикальной составляющей силы, вызванной движением сердца в пространстве у сидящего на динамометрической платформе пациента. В качестве контрольного метода определения насосной функции сердца использовался эхокардиографический модифицированный двухплоскостной метод Симпсона. Установлено, что применяемая методика позволяет с высокой степенью достоверности распределять обследуемых по группам с нормальной, умеренно сниженной и резко сниженной сократительной способностью миокарда.

К л ю ч е в ы е с л о в а: систолическая функция, фракция выброса, баллистокардиография, инокардиография, эхокардиография, скрининг.

Surzhikov P.V., Kitsyshin V.P., Lokshina T.R. — Possibilities of inoecardiography for defining systolic left ventricular function when screening of military personnel. Possibilities of definition of myocardial contractile function with the help of the detection method of fremitus of vertical lift component, caused by in-space heart movement in patient sitting on a dynamometric platform, were researched in 230 patients. As a control method for defining the heart pump function was used the echocardiographic modified biplane Simpson method. It is defined that an appropriate method allows distributing with high certainty patients to groups with normal, moderate impaired and severe impaired myocardial contractility.

К e y w o r d s: systolic function, ejection fraction, ballistocardiography, inoecardiography, echocardiography, screening.

Важная роль в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний отводится проведению скрининговых углубленных обследований различных контингентов. В зависимости от поставленных перед медицинским персоналом задач и количества обследуемых оснащенность врачей медицинским оборудованием может варьировать. Однако большинство высокотехнологических методик не могут быть использованы при массовых обследованиях по причине больших материальных и временных затрат на одно исследование. Это и определяет высокую потребность военно-медицинских организаций в оборудовании, с одной стороны, недорогом, надежном и мобильном, а с другой — позволяющем оперативно и с высокой степенью достоверности оценить функциональное состояние сердечно-сосудистой системы с целью ранней диагностики заболеваний, контроля за эф-

фективностью проводимого лечения, мониторинга состояния здоровья военнослужащих.

В большинстве современных скрининговых диагностических комплексах используются методика электрокардиографии (ЭКГ), обладающая высокой информативностью при изучении электрической активности сердца и позволяющая оценить состояние вегетативной регуляции, а также измерение уровня артериального давления (АД), дополняющее информацию о пациенте. Вместе с тем у больных ухудшение сократимости миокарда часто предшествует изменениям ЭКГ и не отражается на уровне АД. Стандартом в определении сократительной способности миокарда является эхокардиография (ЭхоКГ) [5], но из-за высокой стоимости оборудования и длительности исследования она в скринингах практически не исполь-



зуется. Таким образом, оценка насосной функции сердца при такого рода обследовании проводится лишь физикально.

В этой связи несомненный интерес представляет метод регистрации механической активности сердца опосредованно, через измерение силы колебаний тела человека, возникающих при каждом сердечном сокращении (*баллистокардиография*) [1, 3, 4]. Технические решения созданных в 1970–1980 гг. приборов оказались сложными, дорогостоящими и малочувствительными, что не позволило методу стать широко используемым в медицинской практике.

Нами совместно с сотрудниками конструкторского технологического бюро «Биофизприбор» (Санкт-Петербург) метод был модифицирован за счет использования вертикальной схемы преобразования силы, связанной с сердечным толчком, с целью минимизации погрешности трансформации сердечного сокращения в электрический сигнал. Оригинальная методика получила название *количественной вертикальной модифицированной баллистокардиографии*, или *инокардиографии* (ИКГ).

Метод заключается в регистрации колебаний вертикальной составляющей силы, вызванной движением сердца в пространстве у пациента, сидящего на динамометрической платформе. Положение сидя в покое обеспечивает жесткую и постоянную по величине связь тела обследуемого с измерительной платформой. Отличием метода является исключение влияния массы тела на показатели, зависящие от величины сердечного выброса. Эффект компенсации массы обеспечивается нормированием этих параметров по отношению к весу обследуемого человека. Важной особенностью является также возможность статической калибровки преобразователя силы.

Вместе с тем, несмотря на привлекательность подхода, клинических исследований по сопоставлению параметров ИКГ с другими методами, используемыми в клинической практике для определения фракции выброса, до сих пор не проводилось.

Цель исследования

Изучить диагностическую ценность инокардиографии в определении сократительной функции миокарда.

Материал и методы

Чувствительность и специфичность ИКГ изучались при сопоставлении данных с результатами ЭхоКГ. Всего обследовано 230 пациентов, находившихся в стационаре, из них 160 мужчин и 70 женщин в возрасте 19–92 года (средний – $60,7 \pm 14,5$ года). На основании данных ЭхоКГ пациенты были распределены в 3 группы: в *группу 1* вошли 126 пациентов (55%) с нормальной систолической функцией *левого желудочка* – ЛЖ (фракция выброса, по данным ЭхоКГ, 55–75%), в *группу 2* – 76 пациентов (33%) с умеренно сниженной систолической функцией ЛЖ (фракция выброса 35–54%), в *группу 3* – 28 пациентов (12%) с резко сниженной систолической функцией ЛЖ (фракция выброса менее 35%). В качестве контрольного метода определения насосной функции сердца использовался эхокардиографический модифицированный двухплоскостной метод Симпсона на аппарате Acuson Sequoia 512. Непосредственно после ЭхоКГ всем обследуемым была выполнена ИКГ с использованием аппаратно-программного комплекса «Инокард», предоставленного для проведения исследований конструкторским технологическим бюро «Биофизприбор» (Санкт-Петербург).

Для регистрации физиологических показателей обследуемый пациент размещался в одежде и обуви в кресле с наложением электродов на конечности для регистрации стандартных отведений ЭКГ. Продолжительность регистрации в зависимости от частоты сердечных сокращений пациента составляла в среднем 3–4 мин. После автоматической обработки динамического ряда колебательных кривых получали усредненный ИКГ-комплекс, в котором по оси ординат отражалась динамика силы давления, а по оси абсцисс – время основных фаз сердечного цикла (рис. 1).

Волны ИКГ трактовали следующим образом [2, 6].

Пресистолические волны (регистрируются только при брадикардии):



F – систола предсердий;
G – удар крови из предсердий о
стенки желудочков.

Систолические волны:

H – изометрическое сокращение
желудочков;

I – начало фазы быстрого изгнания
крови из желудочков;

J – среднесистолический выброс,
удар крови о дугу аорты и бифуркацию
легочной артерии;

K – замедление скорости тока кро-
ви в нисходящей аорте и удар пульсовой
волны о бифуркацию аорты.

Диастолические волны:

L – изометрическое расслабление,
отдача после опорожнения содержи-
мого предсердий, замедление скорости ве-
нозного притока в больших венах в на-
чале диастолы;

M – возникает в фазе быстрого на-
полнения желудочков, соответствует рас-
крытию атриовентрикулярного клапана
и удару крови о стенки желудочков;

N – «гидравлический удар» при прекра-
щении быстрого наполнения желудочков;
O – послеколебания.

Впервые при интерпретации и оцен-
ке инокардиограммы использовался ко-
личественный анализ волн. Измерения
проводились в международной системе
единиц (СИ): ньютонах (N) и секундах
(S). Измерялись такие характеристики
волн, как амплитуда волны (a), время (t)
и площадь волны (s), с последующим
формированием обучающей выборки.

Статистическая обработка данных про-
водилась с помощью пакета прикладных
программ Statistica 7.0. Выполнялся дискри-
минантный анализ, где номинативной пе-
ременной выступали группы с различной,
по данным ЭхоКГ, величиной фракции выб-
роса, а независимыми переменными явля-
лись признаки ИКГ. Из отобранных наибо-
лее информативных признаков осуществля-
лось построение решающего правила с вы-
числением обобщенного показателя состо-
яния сократительной функции миокарда.

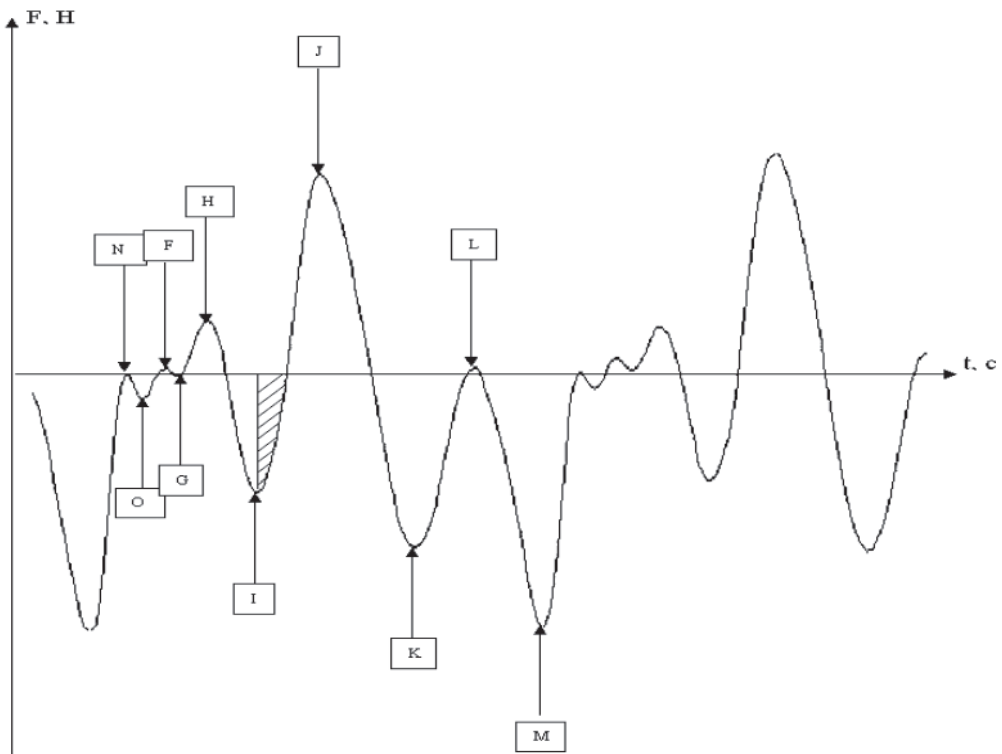


Рис. 1. Нормальная динамика вертикальной составляющей силы по данным инокардиографии в различные фазы сердечного цикла



По полученным величинам проводилась интерпретация различий между группами с проверкой непротиворечивости выбранной классификации по степени нарушения сократимости миокарда – нормальной, умеренно и резко сниженной.

Результаты и обсуждение

После предварительной оценки совокупности признаков ИКГ были отобраны амплитудные и временные характеристики систолических волн Н, I, J, К (табл. 1) как наиболее информативные переменные в нашей модели.

По выбранным признакам максимальный уровень критерия значимости составил $F=24,69$ при $p<0,0001$, что свидетельствует о высокой чувствительности сформированной модели. Анализ структуры взаимосвязи между группами также подтвердил высокое качество ее классификации (табл. 2).

При определении решающего правила были рассчитаны *линейные классификационные функции (ЛКФ)* по формулам:

$$ЛКФ\ 1 = -16,1625-3,238 \times H(t)-0,614 \times H(a)-0,2122 \times H(s)+6,9115 \times I(t)+0,1509 \times I(a)-0,0058 \times I(s)+19,2128 \times J(t)+2,6264 \times J(a)-0,0176 \times J(s)+28,97 \times K(t)-1,6371 \times K(a)+0,198 \times K(s)$$

$$ЛКФ\ 2 = -17,2237-51,2275 \times H(t)-2,82 \times H(a)-0,1586 \times H(s)+13,9 \times I(t)+2,0662 \times I(a)-0,0422 \times I(s)+47,8644 \times J(t)-6,4049 \times J(a)-0,0025 \times J(s)+33,1849 \times K(t)+1,5422 \times K(a)+0,0624 \times K(s)$$

$$ЛКФ\ 3 = -18,9848-76,6044 \times H(t)-0,6951 \times H(a)-0,1864 \times H(s)+38,999 \times I(t)-0,0238 \times I(a)-0,016 \times I(s)+29,5508 \times J(t)-6,6574 \times J(a)-0,026 \times J(s)+48,9237 \times K(t)+1,2343 \times K(a)+0,0353 \times K(s)$$

Таблица 2

Структура взаимосвязи между исследуемыми группами (квадраты расстояния Махаланобиса)

Исследуемые группы	Группа 1 (ФВ>55%)	Группа 2 (35%<ФВ<55%)	Группа 3 (ФВ<35%)
Группа 1 (ФВ>55%)	0,00000	11,23460 (p<0,00001)	17,30494 (p<0,00001)
Группа 2 (35%<ФВ<55%)	11,23460 (p<0,00001)	0,00000	6,46203 (p<0,00001)
Группа 3 (ФВ<35%)	17,30494 (p<0,00001)	6,46203 (p<0,00001)	0,00000

Таблица 1

Вклад переменных инокардиограммы в формирование модели по оценке сократительной способности миокарда

Характеристика волны	Лямбда Уилкса	Частная лямбда	F-критерий	p-уровень	Толерантность	Толерантность (R-кв)
J(a)	0,251272	0,638543	56,04058	0,000000	0,210390	0,789610
H(t)	0,218766	0,733423	35,98351	0,000000	0,241160	0,758841
K(s)	0,195706	0,819843	21,75485	0,000000	0,333276	0,666724
H(a)	0,189419	0,847054	17,87570	0,000000	0,667280	0,332720
I(t)	0,185945	0,862880	15,73209	0,000000	0,371249	0,628751
K(a)	0,172472	0,930285	7,41902	0,000782	0,303099	0,696901
J(t)	0,172141	0,932070	7,21518	0,000945	0,136851	0,863149
I(a)	0,169538	0,946383	5,60878	0,004272	0,452119	0,547880
J(s)	0,167736	0,956551	4,49682	0,012306	0,714549	0,285451
K(t)	0,167443	0,958224	4,31616	0,014629	0,157454	0,842546
I(s)	0,163682	0,980238	1,99585	0,138623	0,410011	0,589989
H(s)	0,162878	0,985080	1,49942	0,225784	0,325623	0,674377



Данные проверки чувствительности решающих правил дискриминации как дополнительная мера оценки различий между группами свидетельствуют о хорошей разделительной способности выбранной модели (табл. 3).

Для выяснения природы дискриминации был проведен канонический анализ, в ходе которого применили две канонические функции (КЛДФ) с суммарным вкладом в дисперсию признаков 83,27 и 100% соответственно.

КЛДФ 1 = 2,925269+1,175764×H(t)-0,277875×H(a)-0,194573×H(s)-0,4087×I(t)-0,1863×I(a)+0,17017×I(s)-0,584177×J(t)+1,5033×J(a)-0,092×J(s)-0,3418×K(t)-0,5366×K(a)+0,8515×K(s);

КЛДФ 2 = 0,5878+0,4506×H(t)+0,68096×H(a)-0,218073×H(s)-0,8132×I(t)+0,5004×I(a)-0,268136×I(s)+0,808611×J(t)-0,302447×J(a)+0,383350×J(s)-0,693879×K(t)-0,203678×K(a)+0,018068×K(s).

В табл. 4 представлены координаты центроидов, а на рис. 2 – график положения объектов трех групп в координатах первой и второй канонических КЛДФ. Дискриминирование между группами отчетливое.

Заключение

Инокардиография обладает диагностической ценностью для определения систолической функции левого желудочка. Разработанные решающие правила позволяют ИКГ с высокой степенью достоверности распреде-

Таблица 4

Координаты центроидов групп

Группы	Корень 1	Корень 2
Группа 1 (ФВ>55%)	1,59546	-0,07688
Группа 2 (35%<ФВ<55%)	-1,62211	0,77334
Группа 3 (ФВ<35%)	-2,21067	-1,68108

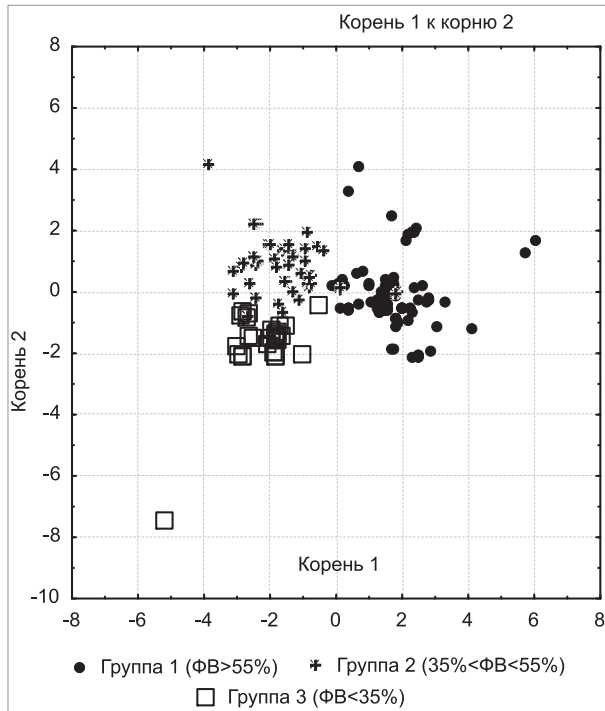


Рис. 2. График положения объектов трех групп в координатах первой и второй канонических КЛДФ

Таблица 3

Матрица классификации, отражающая процент правильности решений при оценке различий между исследуемыми группами

Группы	Процент правильности решения	Группа 1 (ФВ>55%)	Группа 2 (35%<ФВ<55%)	Группа 3 (ФВ<35%)
Группа 1 (ФВ>55%)	97,32143	109	3	0
Группа 2 (35%<ФВ<55%)	88,88889	4	64	4
Группа 3 (ФВ<35%)	96,42857	0	1	27
Всего...	94,33962	113	68	31



лять обследуемых на группы с нормальной, умеренно сниженной и резко сниженной сократительной способностью миокарда. Данный подход к оценке сис-

толической функции левого желудочка и аппарат для регистрации ИКГ могут использоваться в современных скрининговых диагностических комплексах.

Литература

1. Баевский Р.М., Поляков В.В., Мозер М. и др. Адаптация системы кровообращения к условиям длительной невесомости: баллистокардиографические исследования во время 14-месячного космического полета // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 1998. — № 3. — С. 23–30.
2. Баевский Р.М., Талаков А.А. Баллистокардиография. — София: Медицина и физкультура, 1971. — 265 с.
3. Деев И.А., Ермолаев В.И., Саморуков И.А. и др. Автоматизированная система массовых кардиологических обследований на основе

модифицированной баллистокардиографии / Проблемы создания технических средств для диагностики и лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы: Тезисы докладов Всесоюз. конф. — Львов, 1990. — С. 115.

4. Суржиков П.В., Кицышин В.П., Макиев Р.Г. Место баллистокардиографии в изучении сердечной деятельности желудочка // Воен.-мед. журн. — 2014. — Т. 335, № 10. — С. 24–30.

5. Элисдэйр Райдинг. Эхокардиография: Практическое руководство. 2-е изд. — М.: МЕДпресс-информ, 2012. — С. 7.

6. Brotmacher L. The normal Ballistocardiogram // Brit. Heart J. — 1960. — Vol. 18, N 2. — P. 148–152.

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017
УДК 617.741-004.1-089.168.1-06

Особенности реактивной гипертензии после фактоэмульсификации катаракты у пациентов с псевдоэксфолиативным синдромом

СЕРИК А.Н., полковник медицинской службы (anserik@rambler.ru)
БРИЖАК П.Е., кандидат медицинских наук (pbrizhak@yandex.ru)
НИКИТИНА И.В. (shkircko.ira@yandex.ru)

3-й Центральный военный клинический госпиталь им. А.А.Вишневого, г. Красногорск, Московская область

Исследования проведено на 87 направленных для хирургического лечения катаракты пациентах (112 глаз), которые были сгруппированы в зависимости от исходного внутриглазного давления (ВГД), степени псевдоэксфолиативного синдрома (ПЭС), наличия сопутствующей сосудистой патологии. Уровень ВГД оценивался в первые, третьи сутки и через месяц после фактоэмульсификации катаракты с имплантацией интраокулярной линзы. Установлено, что частота случаев реактивной гипертензии в группах варьировала от 10,7 до 18,7% и коррелировала с выраженностью проявлений ПЭС, исходным уровнем ВГД и наличием системных сердечно-сосудистых заболеваний. При этом доминирующую роль играют сосудистые факторы. Полученные результаты позволяют определять пациентов с ПЭС, входящих в группу высокого риска развития реактивной гипертензии, и тем самым повысить качество их наблюдения и лечения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: псевдоэксфолиативный синдром, реактивная гипертензия, фактоэмульсификация катаракты, факторы риска, внутриглазное давление.

Serik A.N., Brizhak P.E., Nikitina I.V. — Peculiarities of reactive hypertension after phacoemulsification cataract with patients of pseudoexfoliation syndrome. Research was carried out on 87 designed for the surgical treatment of cataract patients (112 eyes) who were grouped according to the initial intraocular pressure (IOP), the degree of pseudoexfoliative syndrome (PES), the presence of concomitant vascular pathology. IOP level was estimated in the first, the third day, and a month after cataract phacoemulsification with intraocular lens implantation. It was found that the incidence of reactive hypertension in the groups ranged from 10,7 to 18,7% and correlated with the severity of the manifestations of the PES, baseline IOP and the presence of systemic cardiovascular disease. At the same time dominated by vascular factors. The results allow to identify patients with RPE included in the group of high risk of developing hypertension, reactive, and thus improve the quality of their care and treatment.

К е у о r d s: Pseudoexfoliation syndrome, reactive hypertension, phacoemulsification cataract risk factors, intraocular pressure.