

МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

МЕДИЦИНСКИ ФАКУЛТЕТ

Катедра по пропедевтика на вътрешните болести „проф. д-р Ст. Киркович“

Ръководител: проф. д-р О. Георгиев, дм

д-р Андрей Асенов Иванов

Лewокамерни интервали:

**Оценка на метод за измерването им, базиран на
цветна тъканна Doppler-ехокардиография**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен
“Доктор”

Научна специалност - Кардиология 03.01.47

Научен ръководител: доц. д-р Емил Иванов Манов, д.м.

София, 2019 г.

Научна специалност - Кардиология 03.01.47

Дисертационният труд е написан в обем от 144 страници и съдържа 43 фигури, 41 таблици в основната част и 48 таблици в приложения. Библиографията съдържа 283 източника – 11 на кирилица и 272 на латиница.

Изследванията, свързани с дисертационния труд, са извършени в Клиника по пропедевтика на вътрешните болести, УМБАЛ „Александровска“, София.

Дисертационният труд е обсъден, приет и насочен за защита пред научно жури на разширен Катедрен съвет на Катедра по пропедевтика на вътрешните болести, Медицински факултет, Медицински университет – София.

Защитата на дисертацията ще се състои на 10.09.2019 г. от 12:00 ч. в Катедра по пропедевтика на вътрешните болести, Медицински факултет, Медицински университет – София.

Членове на научното жури

Вътрешни членове:

1. Доц. д-р Емил Иванов Манов – Медицински университет – София, Медицински факултет; Кардиологично отделение, КПВБ „Проф. д-р Ст. Киркович“
2. Проф. д-р Теменуга Иванова Донова – Медицински университет – София

Външни членове:

1. Проф. д-р Младен Владимиров Григоров – Медицински факултет на Софийски университет
2. Проф. д-р Мария Христова Миланова – УМБАЛСМ „Н.И.Пирогов“ ЕАД – София
3. Проф. д-р Чавдар Николов Шалганов – Многопрофилна болница за активно лечение „Национална кардиологична болница“ (МБАЛ „НКБ“)

Съдържание

УВОД	3
ЦЕЛ	5
ЗАДАЧИ	5
МАТЕРИАЛ	6
МЕТОДИКА	7
АНТРОПОМЕТРИЧНИ ДАННИ	7
ЕХОКАРДИОГРАФСКО ИЗСЛЕДВАНЕ	7
<i>Левокамерни измервания</i>	7
<i>Изчисляване на левокамерната маса</i>	8
<i>Пулсова Doppler-ЕхоКГ</i>	8
<i>Пулсова тъканна Doppler-ЕхоКГ</i>	10
<i>Цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през митралната клапа</i>	11
<i>Цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа</i>	13
СТАТИСТИЧЕСКА ОБРАБОТКА НА ДАННИТЕ	16
РЕЗУЛТАТИ	18
<i>Антропометрични данни</i>	18
<i>Показатели на лявата камера</i>	18
<i>Трансмитрален кръвоток</i>	20
<i>Тъканни скорости от пулсова тъканна Doppler-ЕхоКГ</i>	22
<i>Отношение E/E'</i>	23
<i>Левокамерни интервали</i>	24
<i>Индекс на миокардна производителност</i>	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
ИЗВОДИ	52
ПРИНОСИ	53
<i>Оригинални приноси</i>	53
<i>Потвърдителни приноси</i>	54
ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД	55

Използвани съкращения и означения

АО – аорта, аортен

АХ – артериална хипертония

ЕХ – ексцентрична хипертрофия

ЕхоКГ – ехокардиография

КР – концентрично ремоделиране

КХ – концентрична хипертрофия

ЛК – лява камера, левокамерен

ЛКИТ – левокамерен изходен тракт

ЛКХ – левокамерна хипертрофия

ЛП – ляво предсърдие, левопредсърден

МИ – миокарден инфаркт

НГ – нормална геометрия

ОМИ – остър миокарден инфаркт

СН – сърдечна недостатъчност

А – усреднен показател от изследване с пулсов тъканен Doppler

А2 – усреднен показател от изследване с пулсов тъканен Doppler в медиалната и латералната зона на митралния пръстен

А4 – усреднен показател от изследване с пулсов тъканен Doppler в четири зони на митралния пръстен

АОВ – през аортната клапа (за съответния метод за изследване)

АОВ1 - през аортната клапа (за резултати, получени с използване на двете фази на IVCT)

АОВ2 - през аортната клапа (за резултати, получени с използване на втората фаза на IVCT)

АVC – aortic valve closure (затваряне на аортната клапа)

АVO – aortic valve opening (отваряне на аортната клапа)

СТD – цветен тъканен Doppler

CW – непрекъснат (Doppler)

ET – време на изтласкване

IVCT – време на изоволуметрично съкращение

IVRT – време на изоволуметрична релаксация

L – латерален (при пулсов тъканен Doppler)

M – медиален (при пулсов тъканен Doppler)

MPI – myocardial performance index, индекс на миокардна производителност

MV – през митралната клапа (за съответния метод на изследване)

MVC – mitral valve closure (затваряне на митралната клапа)

MVO – mitral valve opening (отваряне на митралната клапа)

PW – пулсов (Doppler)

SPWMD – Septal-to-posterior wall-motion delay (закъсняване на движението на задната стена на лявата камера спрямо междупокамерната преграда)

STEMI – ST elevation myocardial infarction (миокарден инфаркт с ST-елевация)

Използвани долни индекси в съкращения

CW – показател от непрекъснат Doppler на кръвотока

PW – показател от пулсова Doppler-ЕхоКГ

PWTD – показател от пулсова тъканна Doppler-ЕхоКГ

L – показател от изследване с пулсов тъканен Doppler в латералната зона на митралния пръстен

M – показател от изследване с пулсов тъканен Doppler в медиалната зона на митралния пръстен

A – усреднен показател от изследване с пулсов тъканен Doppler

A2 – усреднен показател от изследване с пулсов тъканен Doppler в медиалната и латералната зона на митралния пръстен

A4 – усреднен показател от изследване с пулсов тъканен Doppler в четири зони на митралния пръстен

MV – показател от изследване с едноразмерна цветна тъканна Doppler-ехокардиография през митралната клапа

УВОД

Ехокардиографията е важен метод за оценка на левокамерната функция. Обичайните показатели за оценката на глобалната левокамерна функция, като обеми и фракция на изтласкване, обаче са зависими от товара и определянето им зависи от качеството на образа, технически фактори и точността на измерванията.

Измерването на интервалите на цикъла на лявата камера е един от методите, който може да бъде използван при оценката на левокамерната функция, като в зависимост от начина на измерването им е възможно избягване на част от техническите проблеми, присъщи на двуразмерната ЕхоКГ.

Левокамерни интервали

Някои от левокамерните интервали и техни производни са:

- **Период на предизтласкване (preejection period, PEP)** – интервал от началото на R-зъбеца на ЕКГ до началото на фазата на левокамерно изтласкване;
- **Време на изоволуметрично съкращение (isovolumic contraction time, IVCT)** – интервал от затварянето на митралната клапа до отварянето на аортната клапа. (При измерване на времето на изоволуметрично съкращение някои автори на практика отчитат периода на предизтласкване);
- **Време на изтласкване (ejection time, ET)** – интервал от отварянето на аортната клапа до затварянето ѝ;
- **IVRT (isovolumic relaxation time, IVRT)** – интервал от затварянето на аортната клапа до отварянето на митралната клапа. (При здрави сърца миокардната релаксация обхваща част от периода на камерно изтласкване, на понижаване на вътрекамерното налягане и началото на фазата на бързо пълнене. Първата фаза на камерната релаксация започва от пиковото левокамерно налягане (преди затварянето на аортната клапа) и завършва близо до dP/dt_{min} . Вторият период на камерната релаксация започва с dP/dt_{min} , като отварянето на митралната го разделя на две фази – междинна и терминална. Междинната фаза на камерната релаксация съответства на изоволуметричната релаксация, а терминалната фаза попада по време на ранното камерно пълнене.);
- **Време на пълнене (filling time, FT)** – време от отварянето до затварянето на митралната клапа;
- **Тотално изоволуметрично време** – време на изоволуметрично съкращение плюс време на изоволуметрична релаксация;
- **PEP/ET** – период на предизтласкване към време на изтласкване;
- **IVCT/ET** – време на изоволуметрично съкращение към време на изтласкване;
- **IVRT/ET** – време на изоволуметрична релаксация към време на изтласкване;
- **IVRT/FT** – време на изоволуметрична релаксация към време на пълнене;
- **Изоволуметричен индекс** – сума на времето на изоволуметрично съкращение и времето на изоволуметрична релаксация, делена на времето на изтласкване. (При предложенията от Manchinì метод за изчисляване на изоволуметричния

индекс е използван терминът „изоволуметрично съкращение“, но за начало на изоволуметричното съкращение е приет R-зъбецът на ЕКГ.);

- **Индекс на миокардната производителност (myocardial performance index, Tei-индекс)** – сума на времето на изоволуметрично съкращение и времето на изоволуметрична релаксация, делена на времето на изтласкване (по класическия метод измерени при пулсова Doppler-ЕхоКГ);
- **Тотално диастолно време (диастолно време)** – време на изоволуметрична релаксация плюс време на левокамерно пълнене (разлика между R-R интервала и R-T₂-интервала [от R-зъбеца до втория сърдечен тон]);
- **Време на ранно бързо диастолно пълнене** – продължителност на бързия навлизащ кръвоток през митралната клапа в началото на диастолата;
- **Диастаза** – интервал от края на бързото ранно диастолно пълнене до началото на кръвотока, създаден от съкращението на лявото предсърдие;
- **Време на късно бързо левокамерно пълнене** – продължителност на късния диастолен кръвоток през митралната клапа, предизвикан от левопредсърдното съкращение.

В контекста на настоящата работа, по отношение на ЛК интервали и MPI е **известно** следното:

1. Ехокардиографски левокамерните интервали и индексът на миокардна производителност могат да се измерят/изчислят с използване на пулсов и непрекъснат Doppler, пулсов и цветен тъканен Doppler, 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през митралната клапа, 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ в левокамерния миокард и др.
2. Левокамерните интервали и индексът на миокардна производителност се променят при патологични процеси, засягащи миокарда и клапния апарат.
3. Индексът на миокардна производителност отразява глобалната, систолна и диастолна ЛК функция, и се повишава при развитие на ЛК дисфункция.
4. Индексът на миокардна производителност има прогностична стойност за бъдещи инциденти и смъртността.

Непълнота в наличните данни има по отношение на промяната на показателите при различни патологични състояния, както и по отношение на корелацията между резултатите, получавани с използване на различните методи.

Различия и противоречия в данните има по отношение нормалните стойности, получавани с отделните методи, изменението им при патологични състояния и корелацията между данните от различните методи.

Няма данни за възможността за измерване на ЛК интервали и изчисляване на MPI с използване на 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа и съответно за нормалните стойности и промяната им при патологични състояния.

ЦЕЛ

Сравнение на няколко ехокардиографски метода за измерване на левокамерните интервали и изчисляване на MPI, и оценка на нов метод за измерване на левокамерните интервали – 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа.

ЗАДАЧИ

За изпълнение на посочените цели на проучването бяха формулирани следните задачи:

1. Да се регистрират времето на изоволуметрично съкращение, времето на изтласкване и времето на изоволуметрична релаксация с използване на:
 - пулсов Doppler на кръвотока,
 - пулсов тъканен Doppler,
 - цветен тъканен Doppler през митралната клапа,
 - цветен тъканен Doppler през аортната клапа.
2. Да се изчисли MPI въз основа на различните методи на изследване.
3. Да се прецени разликата между IVCT, ET, IVRT и MPI, получени при използване на различните методи.
4. Да се прецени корелацията между IVCT, ET, IVRT и MPI, получени при използване на различните методи.
5. Да се сравнят промените на IVCT, ET, IVRT и MPI при различните методи в зависимост наличието на артериална хипертония.
6. Да се сравнят промените на IVCT, ET, IVRT и MPI при различните методи в зависимост от наличието на коронарна болест.

МАТЕРИАЛ

Изследването е проведено върху пациенти с артериална хипертония и такива с коронарна болест, с нормална и понижена фракция на изтласкване, както и при група здрави контроли.

Изключващи критерии

Изключващите критерии за проучването бяха:

- Нежелание за подписване на информирано съгласие
- Наличие на:
 - Вътрекамерен блок
 - AV блок
 - Предсърдно мъждене
 - По-голяма от нискостепенна клапна регургитация
 - Клапна стеноза
 - Субоптимален ЕхоКГ образ

Информирано съгласие

Всички пациенти бяха предварително адекватно информирани за проучването и беше взето тяхното информирано съгласие преди включването им в проучването.

Изследвани болни

Изследвани са общо 105 лица, от тях 45 пациенти с артериална хипертония, 30 пациенти с ИБС (данни от СКАТ / преживян миокарден инфаркта) и 30 здрави лица. Изследваните болни с артериална хипертония (АХ) са разпределени по следния начин: 23 жени и 22 мъже, съответно 51,1% и 48,9% от пациентите с АХ. Средната възраст на изследваните пациенти с АХ е $59,89 \pm 13,78$ години.

Разпределението на изследваните пациенти с исхемична болест на сърцето (ИБС) е следното: 15 жени и 15 мъже, по 50% от пациентите с ИБС. Средната възраст на изследваните пациенти с ИБС е $63,97 \pm 9,40$ години.

Средната възраст на изследваните 30 здрави контроли е $50,32 \pm 12,58$ години, а разпределението по пол е: 16 (53,3%) жени и 14 (46,7%) мъже.

МЕТОДИКА

Антропометрични данни

При всички изследвани пациенти и контроли са отчетени телесната маса и ръста. Изчислени са индексът на телесната маса и телесната повърхност (по формулата на DuBois & DuBois: $BSA = 0,007184 \times (\text{тегло}[\text{kg}]^{0,425} \times \text{ръст}[\text{cm}]^{0,725})$).

Ехокардиографско изследване

За постигане на посочените по-горе цели и задачи провежданото ехокардиографско изследване включваше:

1. 2P ЕхоКГ с изчисляване на левокамерната фракция на изтласкване
2. 1P ЕхоКГ
3. Изследване с пулсов и непрекъснат Doppler на кръвотока
4. Цветна Doppler-ЕхоКГ на кръвотока
5. Измерване на тъканни скорости с пулсов тъканен Doppler
6. 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през митралната клапа
7. 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа

Ехокардиографското изследване беше осъществявано с използване на ехокардиограф Philips iE33. Изследването се извършваше в легнало ляво странично положение на пациента. Екстрасистолните и постекстрасистолните съкращения не бяха използвани при измерванията.

При всички пациенти беше направена ЕхоКГ оценка за наличие на клапна болест с оглед изключване на неподходящите за проучването болни.

Левокамерни измервания

За целите на проучването бяха регистрирани основни показатели на лявата камера, като:

- Дебелина на междукамерната преграда
- Дебелина на задната стена на лявата камера
- Теледиастолен размер на лявата камера
- Фракция на изтласкване

Дебелината на левокамерните стени и теледиастолният размер на лявата камера бяха измервани при 1P ЕхоКГ след позициониране на лъча за едноразмерното изследване при 2P ЕхоКГ в парастернална равнина по дългата ос. Измерването на дебелината на междукамерната преграда и задната стена на лявата камера бяха извършвани по метода на American Society of Cardiology: от преден до преден ръб (leading edge to leading edge) .

Относителната дебелина на левокамерните стени (relative wall thickness, RWT) беше изчислявана по формулата $RWT = (ЗСЛК + МКП) / ТДР$. Като показател за увеличена относителна дебелина на ЛК стени се приемаше $RWT > 0,43$.

Левокамерната фракция на изтласкване беше изчислявана при изследване в апикална равнина, по метода на Simpson.

Изчисляване на левокамерната маса

Левокамерната маса беше изчислявана с използване на формулата на Devereux: $LVM_{mass} = 0,8 \times [1,04 \times [(LVEDD + IVS + PW)^3 - LVEDD^3]] + 0,6 \text{ g}$.

Индексът на левокамерната маса беше изчисляван като: ЛК маса (g) / телесна повърхност (m²).

Наличие на ЛК хипертрофия се приемаше при индекс на ЛК маса > 104 g/m² при жени и > 116 g/m² при мъже).

Пулсова Doppler-ЕхоКГ

Изследването с пулсов Doppler беше извършвано по метода с отделно регистриране на митралния и аортния кръвоток. За целта пробният обем на пулсовия Doppler беше позициониран на нивото на върховете на митралната клапа и след това беше изместван в левокамерния изходен тракт, непосредствено под аортната клапа.

Измервани бяха следните показатели:

- Продължителност на интервала от края на митралния диастолен кръвоток до началото на митралния кръвоток при следващия сърдечен цикъл (**a**),
- Продължителност на аортния систолен кръвоток (**ET, b**),
- Време от R-зъбеца на ЕКГ до началото на диастоления кръвоток през митралната клапа (**c**),
- Време от R-зъбеца на ЕКГ до края на систоления кръвоток през аортната клапа (**d**), като за ориентир беше използван кликът на затваряне на аортната клапа,
- Е-скорост на митралния кръвоток,
- Време на децелерация на ранния диастолен митрален кръвоток,
- А-скорост на митралния кръвоток.

Всички измервания бяха извършвани при 3-5 сърдечни цикъла, при задържане на дишането във фаза на издишване.

С използване на получените данни бяха изчислени следните показатели:

- *Време на изоволуметрична релаксация* – време от R-зъбеца на ЕКГ до началото на диастоления кръвоток през митралната клапа (**c**) минус времето от R-зъбеца на ЕКГ до края на систоления кръвоток през аортната клапа (**d**), т.е.

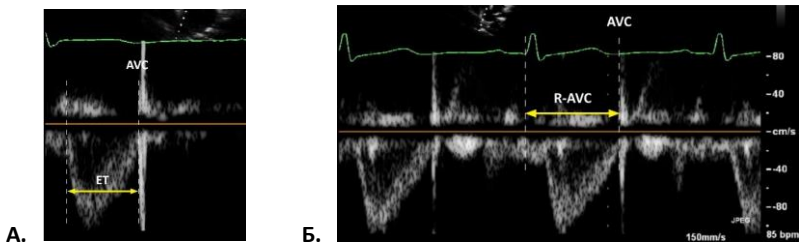
$$IVRT = c - d$$

- *Време на изоволуметрично съкращение* – продължителност на интервала от края на митралния диастолен кръвоток до началото на митралния кръвоток при следващия сърдечен цикъл (**a**) минус сумата от времето на изтласкване (**ET, b**) и времето на изоволуметрична релаксация (IVRT), т.е.

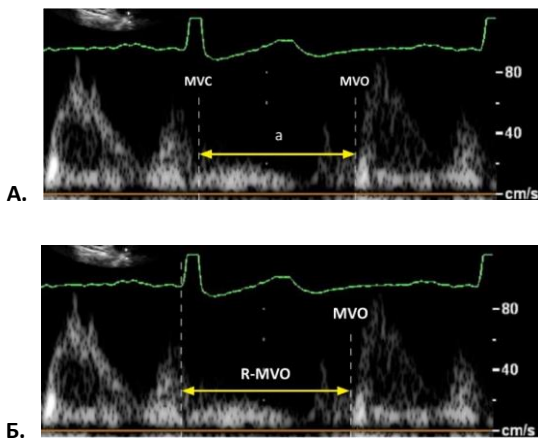
$$IVCT = a - (ET + IVRT)$$

- *MPI (Tei-индекс)* – разлика между интервала от края до началото на митралния диастолен кръвоток (a) минус времето на изтласкване (ET, b), разделена на времето на изтласкване, т.е.

$$MPI = (a - b) / b \quad \text{или} \quad MPI = (IVCT + IVRT) / ET$$



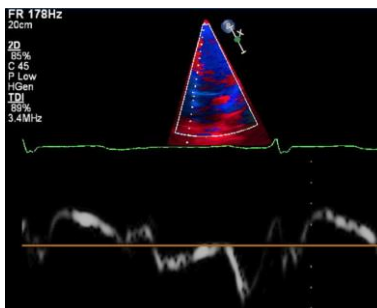
Фигура 1. Пулсова Doppler-ЕхоКГ с пробен обем под аортната клапа. А. Измерване на времето на изтласкване. Б. Измерване на интервала от R-зъбеца до края на аортния кръвоток (R-AVC). AVC – Aortic valve closure (затваряне на аортната клапа)



Фигура 2. Пулсова Doppler-ЕхоКГ с пробен обем на нивото на върховете на митралните клапни платна. А. Измерване на интервала от края до началото на диастолния кръвоток през митралната клапа (a), равен на времето на изтласкване плюс тоталното изоволуметрично време. Б. Измерване на интервала от R-зъбеца на ЕКГ до началото на митралния кръвоток (R-MVO). MVC – Mitral valve closure (затваряне на митралната клапа), MVO – Mitral valve opening (отваряне на митралната клапа)

Пулсова тъканна Doppler-ЕхоКГ

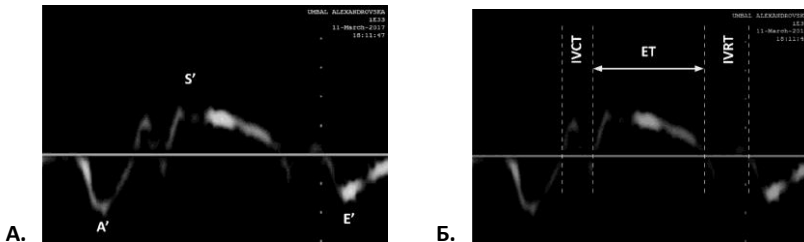
Изследването беше извършвано в две зони – латералната и медиалната зона на митралния пръстен. За целта пробният обем на пулсовия тъканен Doppler беше позициониран върху пръстена на митралната клапа, в рамките на 1 cm от точките на свързване на септалното и латералното платно на клапата. Усилването на пулсовия тъканен Doppler беше коригирано, така че да се получи качествен образ при най-малкото възможно усилване. Границата на алиазинга при изследванията беше 15 cm/s. Всички измервания бяха извършвани при 3-5 сърдечни цикъла, при задържане на дишането по време на издишване. При изследването полето на тъканния Doppler беше коригирано така, че да се получи максимална честота на опресняване на образа (Фигура 3).



Фигура 3. Образ от пулсова тъканна Doppler ЕхоКГ в медиалната зона на митралния пръстен. Честота на опресняване на образа на тъканния Doppler – 178 Hz

Регистрирани бяха следните показатели (Фигура 4):

- E' – ранна тъканна диастолна скорост в медиалната (E'M) и латералната (E'L) ануларна зона,
- A' – късна тъканна диастолна скорост в медиалната (A'M) и латералната (A'L) ануларна зона,
- S' – систолна скорост в медиалната (S'M) и латералната (S'L) ануларна зона,
- IVCT – време от края на A' до началото на S' в медиалната (IVCT_M) и латералната (IVCT_L) ануларна зона,
- ET – интервал от началото до края на систолната скорост S' в двете зони,
- IVRT – време от края на S' до началото на E' в медиалната (IVRT_M) и латералната (IVRT_L) ануларна зона.



Фигура 4. Измерване на тъканните скорости (А) и левокамерните интервали (Б) при пулсова тъканна Doppler-ЕхоКГ

Въз основа на измерените интервали беше изчисляван MPI за двете зони, като беше използвана същата формула, както при пулсовата Doppler-ЕхоКГ:

$$\text{MPI} = (\text{IVCT} + \text{IVRT}) / \text{ET}$$

Въз основа на данните от медиалната и латералната ануларна зона бяха изчислявани усредените стойности на съответните показатели. На тяхна основа беше изчисляван усреденият MPI.

Цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през митралната клапа

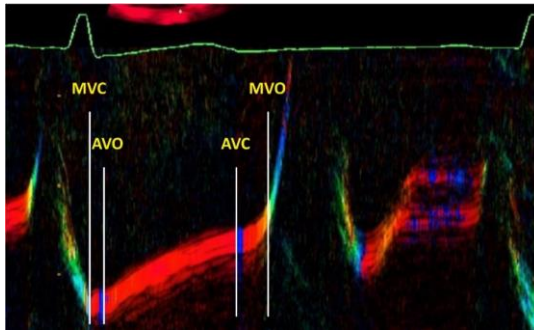
Изследването с цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през митралната клапа беше извършвано по метода, използван от Biering-Sorensen и сътр. Изследването се провеждаше в апикална равнина на четири кухни. Както при пулсовата тъканна Doppler-ЕхоКГ, зоната за изследване с тъканен Doppler беше коригирана за получаване на максимална честота на опресняване на изображението. При изследването се спазваше правилото линията за регистриране на едноразмерния образ да бъде перпендикулярна на платното по време на затвореното му положение в телесистола.

Точките за отчитане на левокамерните интервали бяха определяни по следния начин (Фигура 5):

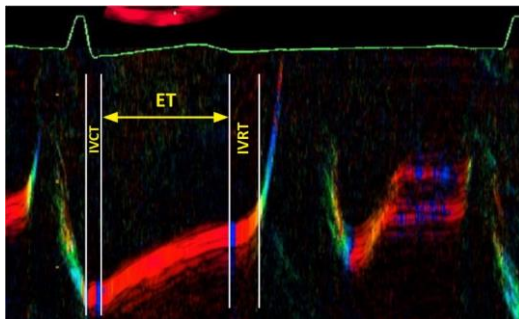
- Затваряне на митралната клапа (MVC) – промяна на цвета от син/тюркоазен към червен;
- Отваряне на аортната клапа (AVO) – промяна на цвета от син към червен;
- Затваряне на аортната клапа (AVC) – промяна на цвета от червен към син;
- Отваряне на митралната клапа (MVO) – промяна на цвета от червено-оранжев към жълт.

Въз основа на тези точки бяха отчитани времето на изоволуметрично съкращение, времето на изтласкване и времето на изоволуметрична релаксация

(Фигура 6). Използвайки тези данни, беше изчисляван MPI с използване на описания по-горе метод.



Фигура 5. Моменти от цикъла на лявата камера при едноразмерна цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през предното митрално платно, използвани за измерване на IVCT, ET и IVRT. MVC – Mitral valve closure (затваряне на митралната клапа), AVO – Aortic valve opening (отваряне на аортната клапа), AVC – Aortic valve closure (затваряне на аортната клапа), MVO – Mitral valve opening (отваряне на митралната клапа)



Фигура 6. Време на изоволуметрично съкращение (IVCT), време на изтласкване (ET) и време на изоволуметрична релаксация (IVRT) при 1P цветна Doppler-ЕхоКГ през митралната клапа

Цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа

Начинът за измерване на левокамерните интервали с използване на едноразмерна цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа е предложеният в тази работа метод.

Теоретична основа на метода

Теоретичната основа на този метод е съчетаването на предимствата на два ехокардиографски метода – едноразмерната ехокардиография и цветната тъканна Doppler-ЕхоКГ.

Целта е, от една страна, да бъдат използвани предимствата на стандартната 1Р ЕхоКГ, а именно:

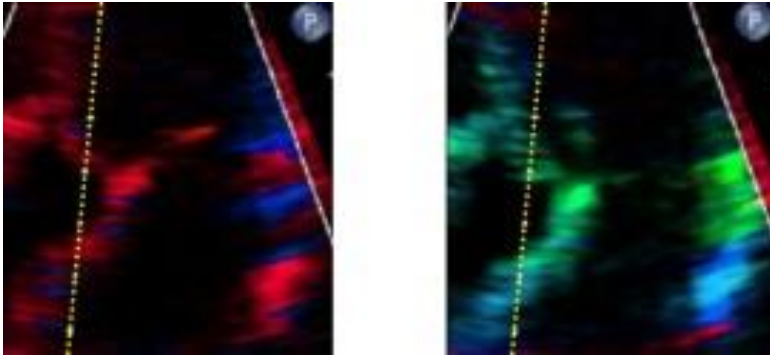
1. много добра резолюция във времето и
2. директно визуализиране на движението на аортната клапа и съответно – точно определяне на моментите на нейното отваряне и затваряне с възможност за:
 - ✓ прецизно измерване на времето на изтласкване,
 - ✓ точно определяне на края на интервала на изоволуметрично съкращение и
 - ✓ точно определяне на началото на интервала на изоволуметрична релаксация

От друга страна се цели използване на възможността на цветния тъканен Doppler за отчитане на левокамерните интервали въз основа на промяната на цветното кодиране на образа според тъканната скорост в съответния момента. Така тя дава възможност за определяне на началото на изоволуметричното съкращение и края на изоволуметричната релаксация и позволява измерване на IVCT (с двете му подфази) и IVRT. Освен това промяната на цветното кодиране на образа подпомага преценката за началото на отварянето и края на затварянето на аортната клапа.

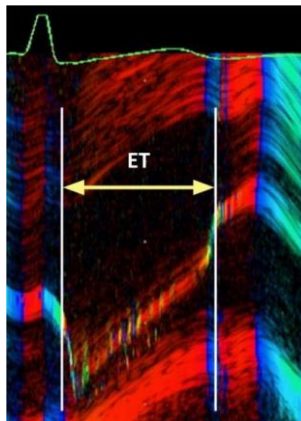
Техника на изследването

Техниката на изследването е следната:

- Получаване на 2Р ЕхоКГ образ в апикална равнина по дългата ос на лявата камера;
- Увеличаване на образа за добро визуализиране на аортната клапа (Фигура 7);
- Коригиране на полето за изследване с цветен тъканен Doppler за постигане на най-висока честота на опресняване;
- Позициониране на лъча за 1Р изследване през аортната клапа (Фигура 7);
- Измерване на интервалите при едноразмерното изследване с цветен тъканен Doppler (Фигура 8, Фигура 9).



Фигура 7. Положение на линията за регистриране на 1P тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа (образи в различен момент от сърдечния цикъл при един и същ пациент)



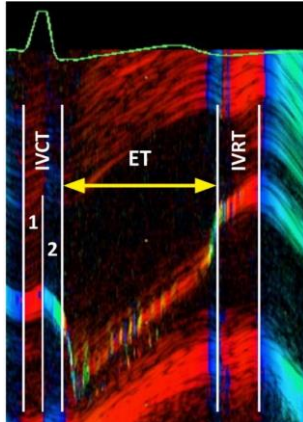
Фигура 8. Измерване на времето на изтласкване при 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа

Измерване на левокамерните интервали при 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа

Интервалите IVCT, ET и IVRT бяха измервани по следния начин:

- **IVCT** – от промяната на цвета на ивицата на диастолния ход на аортните платна от синьо към червено в крайната фаза на диастолата до началото на движението на отваряне на аортната клапа, визуализиращо се с малка жълта ивица (Фигура 9).

По време на изоволуметричното съкращение е налице бифазно движение на аортните платна (Фигура 9). През първата фаза изместването е по посока на трансдюсера и съответно ивицата на хода им е кодирана в червено, с положителна скорост. Втората фаза представлява движение обратно на трансдюсера, скоростта е отрицателна и е кодирана в синьо или тюркоазено. В края на тази фаза обикновено се визуализира малката жълта ивица, отразяваща момента на началото на движението на отваряне на аортната клапа.



Фигура 9. Пример за цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа. Виждат се двете фази на изоволуметричното съкращение и цветът в който са изобразени.

Измерванията за IVCT са осъществени в два варианта: $IVCT_{AO1}$ (сумата от двете фази на изоволуметричното съкращение) и $IVCT_{AO2}$ (втората фаза на изоволуметричното съкращение).

- **Време на изтласкване** – интервал от началото на движението на отваряне до края на движението на затваряне, в повечето случаи кодирани при цветния тъканен Doppler с малки жълти ивици. Методът позволява да се избере показателят, който се регистрира по-добре – цветното кодиране на скоростта или образът на движението на клапата от 1Р ЕхоКГ.

- **IVRT** – интервал от момента на затварянето на аортната клапа до края на кодирания в червено ход на платната по време на изоволуметричната релаксация. Краят на интервала се маркира от преход на оцветяване в червено към оцветяване в синьо. Движението по време на изоволуметричната релаксация е монофазно, като през цялото време скоростта е положителна, кодирана в червено.

Изчисляване на индекса на миокардна производителност

Индексът на миокардна производителност (MPI) беше изчисляван по стандартната формула:

$$\text{MPI} = (\text{IVCT} + \text{IVRT}) / \text{ET}$$

Статистическа обработка на данните

За статистическа обработка на данните от проучването беше използван статистически пакет SPSS 21.0 за Windows.

Описателни методи

- **Описателна статистика на количествени променливи:** Данните са представени като средни стойности \pm стандартно отклонение (mean \pm SD).
- **Честотен анализ на качествени променливи:** Получените резултати са представени като абсолютни стойности и относителни честоти (проценти).

Методи за проверка на хипотези

Използвани са:

- Дисперсионен анализ (ANOVA, Analysis of variance)
- Т-тест за две независими извадки (Independent samples T-test)
- Brown-Forsythe test (при неравни дисперсии на две независими извадки)

Непараметрични методи

Осъществена е проверка за нормалност на разпределението и сравнение на количествени променливи при ненормално разпределение чрез:

- Проверка за нормалност на разпределението по Kolmogorov-Smirnov и Shapiro-Wilk
- Сравняване по Mann-Whitney на средните стойности в две групи на една количествена променлива при ненормално разпределение
- Сравняване по Kruskal-Wallis на средните стойности в повече от две групи на една количествена променлива при ненормално разпределение
- Оценка на връзката между две качествени променливи (Chi-square test, Fisher's exact test)

Корелационен анализ

- **Коефициент на корелация на Pearson:** Проверка за наличие на статистически значима корелация при правилно разпределение на две количествени променливи.

- **Коефициент на корелация на Spearman:** Проверка за наличие на статистически значима корелация при неправилно разпределение на две количествени променливи.

Преценка на съотношението чувствителност-специфичност

- ROC-крива (Receiver Operating Characteristic curve)
- Площ под ROC-крива (AUROC, Area Under the ROC curve)

Използваното критично ниво на значимост е $\alpha = 0,05$, като съответната нулева хипотеза се отхвърля при P-стойност $< \alpha$.

РЕЗУЛТАТИ

Антропометрични данни

В таблица 1 са представени антропометричните данни на изследваните пациенти. Теглото на здравите контроли ($70,47 \pm 14,63$ kg) е значимо по-ниско от това на пациентите с артериална хипертония ($82,12 \pm 14,66$ kg) ($P < 0,01$), докато разликата между здравите контроли и пациентите с ИБС ($74,63 \pm 17,77$ kg) не е значима ($P = NS$). Индексът на телесната маса при здравите контроли ($23,70 \pm 3,61$) е значимо по-нисък както от този при пациентите с артериална хипертония ($28,47 \pm 4,27$) ($P < 0,001$), така и от BMI при тези с ИБС ($26,47 \pm 4,49$) ($P < 0,05$). Разликата в телесната маса и BMI между пациентите с артериална хипертония и ИБС не е значима ($P = NS$). Телесната повърхност при здравите лица е $1,82 \pm 0,22$ m², при хипертониците – $1,93 \pm 0,20$ m² и при пациентите с ИБС – $1,83 \pm 0,23$ m², като разликата между здравите контроли и хипертониците е значима ($P < 0,05$).

Таблица 1. Антропометрични данни

Показател	Контроли (n=30)		АХ (n=45)		ИБС (n=30)		Р	Р	Р
	Средно	±SD	Средно	±SD	Средно	±SD	*	†	‡
Ръст (m)	1,72	0,10	1,70	0,09	1,67	0,08	NS	< 0,05	NS
Тегло (kg)	70,47	14,63	82,12	14,66	74,63	17,77	< 0,01	NS	NS
BMI	23,70	3,61	28,47	4,27	26,47	4,49	< 0,001	< 0,05	NS
BSA (m ²)	1,82	0,22	1,93	0,20	1,83	0,23	< 0,05	NS	NS

* Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с артериална хипертония.

† Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с ИБС.

‡ Значимост на разликата между пациентите с артериална хипертония и ИБС.

Показатели на лявата камера

Теледиастолен размер. Теледиастолният размер (ТДР) на лявата камера при здравите лица ($48,61 \pm 3,67$ mm) е значимо по-малък от този при пациентите с артериална хипертония ($50,69 \pm 3,52$ mm) ($P < 0,05$) и тези с ИБС ($52,07 \pm 4,53$ mm) ($P < 0,01$). Установеният ЛК ТДР при пациентите с АХ и ИБС не се различава значимо ($P = NS$).

Дебелина на междукамерната преграда и задната стена на лявата камера. Диастолната дебелина на МКП и ЗСЛК при здравите контроли (МКП: $9,61 \pm 1,07$ mm, ЗСЛК: $9,28 \pm 1,09$ mm) е значимо по-малка от тази при пациентите с АХ (МКП: $11,56 \pm 1,34$ mm, $P < 0,001$; ЗСЛК: $10,97 \pm 0,99$ mm, $P < 0,001$) и ИБС (МКП: $11,64 \pm 1,73$ mm, $P < 0,001$; ЗСЛК: $11,04 \pm 1,10$ mm, $P < 0,001$). Дебелината на МКП и ЗСЛК при пациентите с АХ и ИБС не показва значима разлика ($P = NS$).

Лвокамерна фракция на изтласкване. В изследваните групи пациенти ЛК ФИ е най-ниска при пациентите с ИБС ($56,90 \pm 7,98$ %), следвана от тези с АХ ($62,41 \pm 3,24$ %) и здравите контроли ($64,62 \pm 2,72$ %), като разликата между пациентите с ИБС и другите две групи е статистически значима (ИБС/контроли, $P < 0,001$; ИБС/АХ, $P < 0,01$). Разликата във ФИ между контролните лица и пациентите с артериална хипертония също е значима ($P < 0,01$). При 24 от 30 болни с ИБС установената ЛК ФИ е $\geq 50\%$, а при 6 болни е под 50%.

Лвокамерна маса. Изчислената маса на лявата камера е най-малка при здравите контроли ($162,75 \pm 36,97$ g), следвана от тази при пациентите с АХ ($220,58 \pm 44,06$ g) и с ИБС ($232,05 \pm 47,08$ g), като разликата между здравите контроли и болните с АХ ($P < 0,001$) и ИБС ($P < 0,001$) е статистически значима, докато тази между пациентите с АХ и ИБС не е значима ($P = NS$). Индексът на лвокамерната маса при здравите лица е $88,80 \pm 14,93$ g/m², докато при пациентите с артериална хипертония той е $114,44 \pm 20,14$ g/m², а при тези с ИБС – $127,43 \pm 25,31$ g/m². Разликата между трите групи е статистически значима (съответно $P < 0,001$; $P < 0,001$, $P < 0,05$).

Таблица 2. Показатели на лявата камера

Показател	Контроли (n=30)		АХ (n=45)		ИБС (n=30)		Р	Р	Р
	Средно	±SD	Средно	±SD	Средно	±SD	*	†	‡
ТДР (mm)	48,61	3,67	50,69	3,52	52,07	4,53	< 0,05	< 0,01	NS
МКП (mm)	9,61	1,07	11,56	1,34	11,64	1,73	< 0,001	< 0,001	NS
ЗСЛК (mm)	9,28	1,09	10,97	0,99	11,04	1,10	< 0,001	< 0,001	NS
ФИ (%)	64,62	2,72	62,41	3,24	56,90	7,98	< 0,01	< 0,001 †	< 0,01 ‡
ЛКМ (g)	162,75	36,97	220,58	44,06	232,05	47,08	< 0,001	< 0,001	NS
ЛКМИ (g/m ²)	88,80	14,93	114,44	20,14	127,43	25,31	< 0,001	< 0,001	< 0,05
RWT	0,390	0,042	0,446	0,046	0,439	0,071	< 0,001	< 0,01	NS

* Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с артериална хипертония.

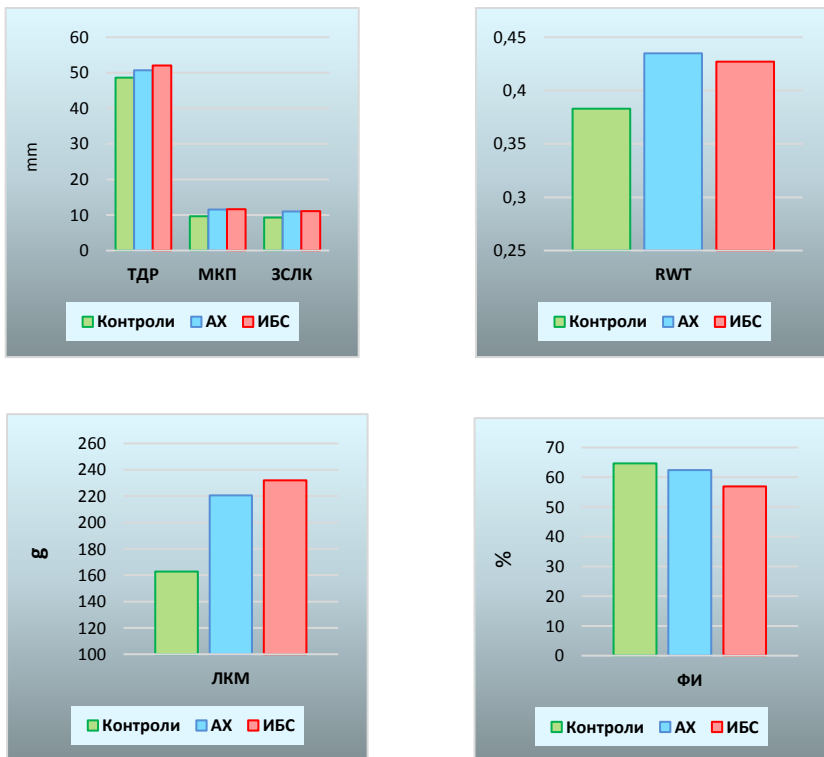
† Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с ИБС.

‡ Значимост на разликата между пациентите с артериална хипертония и ИБС.

‡ Значимостта на разликата при тези сравнения е преценена по Mann-Whitney поради неправилно разпределение на стойностите на ФИ в групата с ИБС.

Релативна дебелина на лвокамерната стена. Релативната дебелина на стената на лявата камера (RWT, relative wall thickness) е най-ниска при здравите контроли ($0,390 \pm 0,042$). Следва RWT при пациентите с ИБС ($0,439 \pm 0,071$) и тези с АХ ($0,446 \pm 0,046$). Разликата между здравите контроли и болните с ИБС ($P < 0,01$) и АХ ($P < 0,001$) е статистически значима, а тази между пациентите с АХ и ИБС не е ($P = NS$). При изследваните 45 болни с артериална хипертония концентрично ремоделиране се

установи при 5 болни (11,1%), концентрична ЛКХ – при 24 (53,3%) и ексцентрична ЛКХ – при 9 (20,0%). При пациентите с ИБС концентрично ремоделиране се установи при 3 (10%), концентрична ЛКХ – при 12 (40%) и ексцентрична ЛКХ – при 8 болни (26,7%).



Фигура 10. Показатели на лявата камера

Трансмитрален кръвоток

Е-скорост. Регистрираната при здравите контроли скорост на ранно диастолично пълнене на лявата камера е $80,86 \pm 12,25$ cm/s. При болните с АХ тя е $67,50 \pm 17,48$ cm/s, а при тези с ИБС – $67,99 \pm 21,08$ cm/s. При здравите контроли тази скорост е значимо по-висока от регистрираните при пациентите с АХ ($P < 0,01$) и ИБС ($P < 0,01$), докато между болните с АХ и ИБС не се установи значима разлика ($P = NS$).

А-скорост. Скоростта на късния диастолен трансмитрален кръвоток (А) при здравите контроли (64,02±13,46 cm/s) е значимо по-ниска от тази при болните с АХ (78,82±18,27 cm/s, P < 0,001) и ИБС (79,08±12,44 cm/s, P < 0,001). Установената разлика в А-скоростта между болните с АХ и ИБС не е значима (P = NS).

Време на децелерация на ранния диастолен трансмитрален кръвоток (DT, deceleration time). Установеното време на децелерация при здравите контроли (187,09±11,57 ms) е значимо по-късо от това при болните с ИБС (238,13±47,45 ms, P < 0,001) и тези с АХ (244,02±48,27 ms, P < 0,001). Разликата в DT между болните с АХ и ИБС не е значима (P = NS).

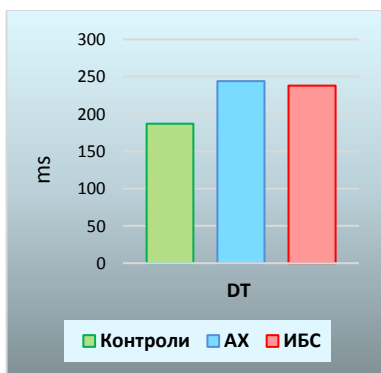
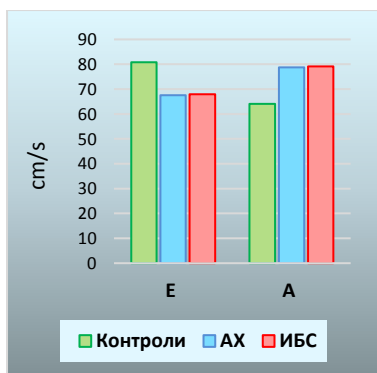
Таблица 3. Трансмитрален кръвоток

Показател	Контроли (n=30)		АХ (n=45)		ИБС (n=30)		Р	Р	Р
	Средно	±SD	Средно	±SD	Средно	±SD	*	†	‡
E (cm/s)	80,86	12,25	67,50	17,48	67,99	21,08	< 0,01	< 0,01	NS
A (cm/s)	64,02	13,46	78,82	18,27	79,08	12,44	< 0,001	< 0,001	NS
DT (ms)	187,09	11,57	244,02	48,27	238,13	47,45	< 0,001	< 0,001	NS

* Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с артериална хипертония.

† Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с ИБС.

‡ Значимост на разликата между пациентите с артериална хипертония и ИБС.



Фигура 11. Трансмитрален кръвоток

Тъканни скорости от пулсова тъканна Doppler-ЕхоКГ

Данните за тъканните скорости (в латералната и медиалната зона на митралния пръстен, както и усреднените скорости от латералната и медиалната зона) са представени в таблица 4.

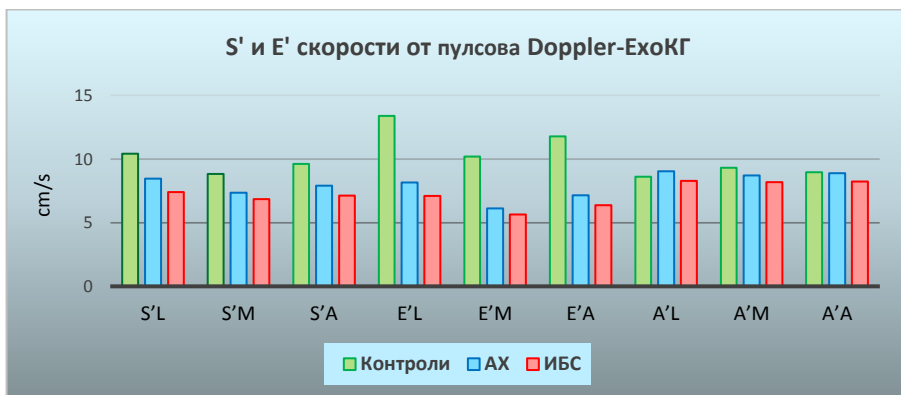
Систолна скорост (S'). Установената S'A е най-висока при здравите лица (9,62±1,22 ms), следвана от тази при болните с АХ (7,91±1,30 ms) и тези с ИБС (7,12±0,97 ms). Разликата между здравите контроли и пациентите с АХ (P < 0,001), както и между здравите контроли и болните с ИБС (P < 0,001) е статистически значима. Сигнификантна разлика се установява и между пациентите с АХ и ИБС (P < 0,01).

Ранна диастолна скорост (E'). E'A при здравите контроли (11,79±1,23 cm/s) е значимо по-висока от тази при пациентите с АХ (7,15±2,17 cm/s, P < 0,001) и ИБС (6,37±1,60 cm/s, P < 0,001). Установената разлика между пациентите с АХ и ИБС не достига статистически значима стойност (P = NS).

Късна диастолна скорост (A'). Регистрираната късна диастолна скорост в трите групи не се различава статистически значимо с изключение на A'M при здравите лица и пациентите с АХ, където P е < 0,05.

Таблица 4. Тъканни скорости от пулсова тъканна Doppler-ЕхоКГ

Показател	Контроли (n=30)		АХ (n=45)		ИБС (n=30)		Р	Р	Р
	Средно	±SD	Средно	±SD	Средно	±SD	*	†	‡
S'L (cm/s)	10,42	1,65	8,47	1,55	7,40	1,10	< 0,001	< 0,001	< 0,01
S'M (cm/s)	8,83	1,09	7,35	1,27	6,84	1,10	< 0,001	< 0,001	NS
S'A (cm/s)	9,62	1,22	7,91	1,30	7,12	0,97	< 0,001	< 0,001	< 0,01
E'L (cm/s)	13,38	1,65	8,17	2,67	7,10	1,93	< 0,001	< 0,001	NS
E'M (cm/s)	10,20	1,32	6,13	1,82	5,65	1,46	< 0,001	< 0,001	NS
E'A (cm/s)	11,79	1,23	7,15	2,17	6,37	1,60	< 0,001	< 0,001	NS
A'L (cm/s)	8,60	2,46	9,05	2,08	8,28	1,91	NS	NS	NS
A'M (cm/s)	9,31	1,91	8,72	1,48	8,19	1,46	NS	< 0,05	NS
A'A (cm/s)	8,96	1,87	8,89	1,49	8,23	1,28	NS	NS	NS



Фигура 12. S'- и E'-скорости от пулсова тъканна Doppler-ЕхоКГ

Отношение E/E'

Данните за отношението E/E' при изследваните лица са представени в таблица 5. Както E/E'L и E/E'M, така и E/E'A са значимо по-ниски при здравите контроли в сравнение с пациентите с АХ (P < 0,001) и ИБС (P < 0,001). Установената разлика между пациентите с АХ и ИБС не достига статистически значима стойност (P = NS).

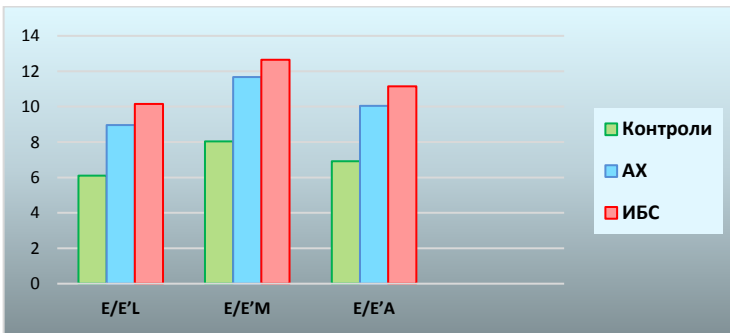
Таблица 5. Отношение E/E'

Показател	Контроли (n=30)		АХ (n=45)		ИБС (n=30)		Р	Р	Р
	Средно	±SD	Средно	±SD	Средно	±SD	*	†	‡
E/E'L	6,11	1,03	8,96	3,49	10,15	4,06	< 0,001	< 0,001	NS
E/E'M	8,03	1,43	11,67	3,80	12,65	4,64	< 0,001	< 0,001	NS
E/E'A	6,91	1,12	10,04	3,52	11,14	4,12	< 0,001	< 0,001	NS

* Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с артериална хипертония.

† Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с ИБС.

‡ Значимост на разликата между пациентите с артериална хипертония и ИБС.



Фигура 13. Отношение E/E'

Левокамерни интервали

Време на изоволуметрично съкращение

IVCT_{PW}. При изследваните лица се установи следното IVCT_{PW}: здрави контроли – 47,07±15,64 ms, пациенти с артериална хипертония – 46,17±13,65 ms, болни с ИБС – 47,20±15,41 ms. Разликата в стойностите между трите групи е минимална и не е статистически значима (P = NS).

IVCT_A. Установеното IVCT_A е най-дълго при пациентите с ИБС (80,18±16,65 ms), следвано от болните с артериална хипертония (73,40±13,85 ms) и здравите контроли (65,71±12,22 ms). Разликата между здравите лица и пациентите с артериална хипертония, както и между здравите лица и болните с ИБС е статистически значима (съответно P < 0,05 и P < 0,001), докато разликата между пациентите с АХ и ИБС не достига статистически значима стойност (P = NS).

IVCT_{MV}. Установеното IVCT_{MV} също е най-дълго при пациентите с ИБС (40,48±9,77 ms), следвано от това при болните с артериална хипертония (38,05±9,19 ms) и здравите контроли (32,61±5,72 ms), като разликата между здравите лица и болните с АХ (P < 0,01) и ИБС (P < 0,001) е статистически значима, а между пациентите с АХ и ИБС не е (P = NS).

IVCT_{AO1}. Подобно на IVCT_A и IVCT_{MV}, регистрираното IVCT_{AO1} е най-дълго при болните с ИБС (78,29±18,90 ms), следвано от това при пациентите с артериална хипертония (74,74±15,00 ms) и здравите контроли (71,58±16,17 ms), но разликата между групите не достига статистическа значима стойност (P = NS).

IVCT_{AO2}. При болните с ИБС установеното IVCT_{AO2} е 42,04±13,11 ms. При болните с АХ то е 42,16±9,38 ms, а при здравите контроли - 37,68±9,08 ms. Разликата между здравите контроли и хипертониците е статистически значима (P < 0,05).

Въз основа на получените резултати границата на нормалните стойности на $IVCT_{AO}$ при изследваните здрави лица са следните: $IVCT_{AO1}$: **65,5 - 77,6 ms** (95% доверителен интервал), $IVCT_{AO2}$: **34,3 - 41,1 ms** (95% доверителен интервал).

Таблица 6. Време на изоволуметрично съкращение

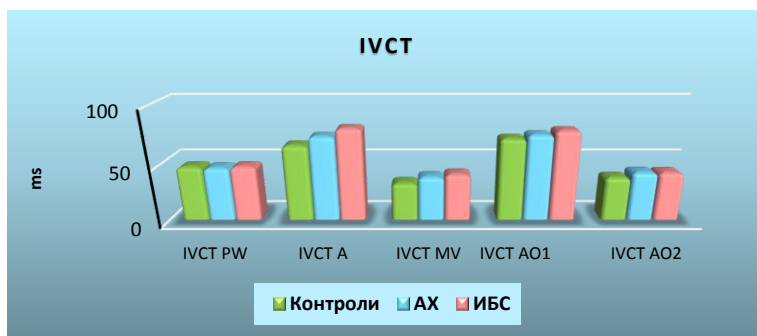
Показател	Контроли (n=30)		АХ (n=45)		ИБС (n=30)		Р	Р	Р
	Средно	±SD	Средно	±SD	Средно	±SD	*	†	‡
$IVCT_{PW}$ (ms)	47,07	15,64	46,17	13,65	47,20	15,41	NS	NS	NS
$IVCT_A$ (ms)	65,71	12,22	73,40	13,85	80,18	16,65	< 0,05	< 0,001	NS
$IVCT_{MV}$ (ms)	32,61	5,72	38,05	9,19	40,48	9,77	< 0,01	< 0,001	NS
$IVCT_{AO1}$ (ms)	71,58	16,17	74,74	15,00	78,29	18,90	NS ‡	NS ‡	NS ‡
$IVCT_{AO2}$ (ms)	37,68	9,08	42,16	9,38	42,04	13,11	<0,05	NS ‡	NS ‡

* Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с артериална хипертония.

† Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с ИБС.

‡ Значимост на разликата между пациентите с артериална хипертония и ИБС.

‡ Значимостта на разликата при тези сравнения е преценена по Mann-Whitney поради неправилно разпределение на стойностите в групата с артериална хипертония и/или ИБС.



Фигура 14. Време на изоволуметрично съкращение

В таблица 7 са представени разликите в резултатите за $IVCT$ при различните начини за измерване/изчисляване.

$IVCT_A$ и $IVCT_{PW}$. При здравите контроли $IVCT_A$ е с $18,64 \pm 13,61$ ms по-дълго от $IVCT_{PW}$ ($P < 0,001$). При хипертониците разликата между $IVCT_A$ и $IVCT_{PW}$ е $27,23 \pm 12,90$ ms ($P < 0,001$), а при болните с ИБС тя е $32,98 \pm 12,45$ ms ($P < 0,001$).

IVCT_L и IVCT_M. При здравите лица регистрираното IVCT_L е със 7,91±13,28 ms по-дълго от IVCT_M (P < 0,05). При пациентите с АХ разликата между IVCT_L и IVCT_M е 3,90±14,99 ms (P = NS), а при болните с ИБС тя е 9,51±18,36 ms (P < 0,05).

Таблица 7. Разлика в резултатите при различните начини за измерване/изчисляване на IVCT

Показател	Контроли (n=30)			АХ (n=45)			ИБС (n=30)		
	Средно	±SD	P	Средно	±SD	P	Средно	±SD	P
IVCT _A – IVCT _{PW} (ms)	18,64	13,61	< 0,001	27,23	12,90	< 0,001	32,98	12,45	< 0,001
IVCT _L – IVCT _M (ms)	7,91	13,28	< 0,05	3,90	14,99	NS	9,51	18,36	< 0,05 ¥
IVCT _{MV} – IVCT _{PW} (ms)	-14,63	14,21	< 0,001	-8,12	11,49	< 0,01	-6,72	12,05	< 0,05
IVCT _{MV} – IVCT _A (ms)	-33,04	9,64	< 0,001	-35,35	10,12	< 0,001	-39,70	13,34	< 0,001
IVCT _{AO1} – IVCT _{PW} (ms)	24,51	11,09	< 0,001	28,57	14,33	< 0,001 ¥	31,09	9,30	< 0,001 ¥
IVCT _{AO1} – IVCT _A (ms)	5,87	9,71	NS	1,33	11,27	NS ¥	-1,90	11,06	NS ¥
IVCT _{MV} – IVCT _{AO1} (ms)	-32,20	5,77	< 0,001	-37,46	9,14	< 0,001 ¥	-39,86	9,71	< 0,001 ¥
IVCT _{AO2} – IVCT _{PW} (ms)	-9,39	11,40	< 0,01	-4,01	10,76	NS	-5,16	10,41	NS ¥
IVCT _{AO2} – IVCT _A (ms)	-28,03	8,92	< 0,001	-31,25	9,65	< 0,001	-38,14	13,76	< 0,001 ¥
IVCT _{AO2} – IVCT _{MV} (ms)	4,82	7,43	< 0,05	4,11	6,48	< 0,05	1,56	7,66	NS ¥
IVCT _{AO1} – IVCT _{AO2} (ms)	33,90	8,96	< 0,001	32,58	9,81	< 0,001 ¥	36,25	11,98	< 0,001 ¥

P – Значимост на разликата.

¥ - Значимостта на разликата е оценена по Mann-Whitney поради неправилно разпределение на стойностите.

IVCT_{MV} и IVCT_{PW}. При здравите контроли IVCT_{MV} е с 14,63±14,21 ms по-късо от IVCT_{PW} (P < 0,001). При пациентите с АХ разликата е 8,12±11,49 ms (P < 0,01), а при тези с ИБС – 6,72±12,05 ms (P < 0,05).

IVCT_{MV} и IVCT_A. Във всичките изследвани групи IVCT_{MV} е по-късо от IVCT_A, като получените резултати са следните: здрави контроли – разлика 33,04±9,64 ms (P < 0,001), хипертоници – разлика 35,35±10,12 ms (P < 0,001), пациенти с ИБС – разлика 39,70±13,34 ms (P < 0,001).

IVCT_{AO1} и IVCT_{PW}. При изследваните лица IVCT_{AO1} е по-дълго от IVCT_{PW}, като установената разлика е следната: здрави контроли – 24,51±11,09 ms (P < 0,001), хипертоници – 28,57±14,33 ms (P < 0,001), пациенти с ИБС – 31,09±9,30 ms (P < 0,001).

IVCT_{AO1} и IVCT_A. Установената разлика между IVCT, измерено по тези два начина, е минимална, като при болните с артериална хипертония и ИБС средните

стойности са практически идентични: здрави контроли – разлика $5,87 \pm 9,71$ ms ($P = NS$), хипертоници – разлика $1,33 \pm 11,27$ ms ($P = NS$), пациенти с ИБС – разлика $-1,90 \pm 11,06$ ms ($P = NS$).

IVCT_{АО1} и IVCT_{МV}. IVCT_{АО1} е по-дълго от IVCT_{МV}. Установената разлика е следната: здрави контроли – $32,20 \pm 5,77$ ms ($P < 0,001$), хипертоници – $37,46 \pm 9,14$ ms ($P < 0,001$), пациенти с ИБС – $39,86 \pm 9,71$ ms ($P < 0,001$).

IVCT_{АО2} и IVCT_{РW}. Между резултатите при тези два начина на измерване се установи следната разлика: здрави контроли – разлика $-9,39 \pm 11,40$ ms ($P < 0,01$), хипертоници – разлика $-4,01 \pm 10,76$ ms ($P = NS$), пациенти с ИБС – разлика $-5,16 \pm 10,41$ ms ($P = NS$).

IVCT_{АО2} и IVCT_А. IVCT_{АО2} е по-късо от IVCT_А, като установената разлика между тях е следната: здрави контроли – $28,03 \pm 8,92$ ms ($P < 0,001$), хипертоници – $31,25 \pm 9,65$ ms ($P < 0,001$), пациенти с ИБС – $38,14 \pm 13,76$ ms ($P < 0,001$).

IVCT_{АО2} и IVCT_{МV}. Установените разлики при измерване по тези два начина са: здрави контроли – разлика $4,82 \pm 7,43$ ms ($P < 0,05$), хипертоници – разлика $4,11 \pm 6,48$ ms ($P < 0,05$), пациенти с ИБС – разлика $1,56 \pm 7,66$ ms ($P = NS$).

IVCT_{АО1} и IVCT_{АО2}. Установената разлика между IVCT_{АО1} и IVCT_{АО2} е следната: здрави контроли – $33,90 \pm 8,96$ ms ($P < 0,001$), хипертоници – $32,58 \pm 9,81$ ms ($P < 0,001$), пациенти с ИБС – $36,25 \pm 11,98$ ms ($P < 0,001$).

Корелация между IVCT, измерено/изчислено с използване на различните методи

Здрави лица

Установената при здравите лица корелация между IVCT_{РW} и IVCT_А е умерена ($r = 0,546$; $P < 0,01$). IVCT_{МV} показва умерена корелация с IVCT_{РW} ($r = 0,455$, $P < 0,05$) и висока корелация с IVCT_А ($r = 0,660$, $P < 0,001$). При здравите лица IVCT_{АО1} показва висока корелация с IVCT_{РW} ($r = 0,757$; $P < 0,001$) и IVCT_{МV} ($r = 0,627$; $P < 0,001$) и много висока корелация с IVCT_А ($r = 0,801$; $P < 0,001$). Най-високата установена корелация на IVCT_{АО2} е с IVCT_{РW} ($r = 0,694$; $P < 0,001$), следвана от корелацията с IVCT_А ($r = 0,686$; $P < 0,001$) и IVCT_{МV} ($r = 0,577$; $P = 0,001$).

Пациенти с артериална хипертония

Също както при здравите лица, при пациентите с артериална хипертония IVCT_{РW} показва умерена корелация с IVCT_А ($r = 0,560$; $P < 0,001$). Установената корелация на IVCT_{МV} с IVCT_{РW} ($r = 0,553$; $P < 0,001$) е умерена, а тази с IVCT_А ($r = 0,683$; $P < 0,001$) е висока. IVCT_{АО1} показва ниска корелация с IVCT_{РW} ($r_s = 0,388$; $P < 0,01$), умерена корелация с IVCT_А ($r_s = 0,552$; $P < 0,001$) и висока корелация с IVCT_{МV} ($r_s = 0,629$; $P < 0,001$). IVCT_{АО2} показва висока корелация с IVCT, определено с използване на другите методи: IVCT_{РW} ($r = 0,619$; $P < 0,001$), IVCT_А ($r = 0,719$; $P < 0,001$) и IVCT_{МV} ($r = 0,757$; $P < 0,001$).

Таблица 8. Време на изоволуметрично съкращение, корелации (здови лица)

		IVCT _{PW}	IVCT _A	IVCT _{MV}	IVCT _{AO1}	IVCT _{AO2}
IVCT _{PW}	Pearson Correlation	1	,546**	,455*	,757**	,694**
	Sig. (2-tailed)		,002	,011	,000	,000
	N	30	30	30	30	30
IVCT _A	Pearson Correlation	,546**	1	,660**	,801**	,686**
	Sig. (2-tailed)	,002		,000	,000	,000
	N	30	30	30	30	30
IVCT _{MV}	Pearson Correlation	,455*	,660**	1	,627**	,577**
	Sig. (2-tailed)	,011	,000		,000	,001
	N	30	30	30	30	30

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Таблица 9. Време на изоволуметрично съкращение, корелации (хипертоници)

		IVCT _{PW}	IVCT _A	IVCT _{MV}	IVCT _{AO2}
IVCT _{PW}	Pearson Correlation	1	,560**	,553**	,619**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000
	N	45	45	45	45
IVCT _A	Pearson Correlation	,560**	1	,683**	,719**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000
	N	45	45	45	45
IVCT _{MV}	Pearson Correlation	,553**	,683**	1	,757**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000
	N	45	45	45	45
IVCT _{AO1}	Spearman's rho	,388**	,552**	,629**	,685**
	Sig. (2-tailed)	,008	,000	,000	,000
	N	45	45	45	45

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Пациенти с ИБС

При пациентите с ИБС установената корелация между $IVCT_{PW}$ и $IVCT_A$ е висока ($r = 0,701$; $P < 0,001$). При тези болни корелацията между $IVCT_{MV}$, $IVCT_{PW}$ и $IVCT_A$ е следната: $IVCT_{PW} - r = 0,623$; $P < 0,001$ и $IVCT_A - r = 0,598$; $P < 0,001$. При болните с ИБС $IVCT_{AO1}$ показва много висока корелация с $IVCT_{PW}$ ($r_s = 0,869$; $P < 0,001$), висока корелация с $IVCT_A$ ($r_s = 0,727$; $P < 0,001$) и умерена корелация с $IVCT_{MV}$ ($r_s = 0,500$; $P < 0,01$). $IVCT_{AO2}$ показва висока корелация с $IVCT_{PW}$ ($r_s = 0,789$; $P < 0,001$) и $IVCT_{MV}$ ($r_s = 0,765$; $P < 0,001$), докато установената корелация с $IVCT_A$ е умерена ($r_s = 0,540$; $P < 0,01$).

Таблица 10. Време на изоволуметрично съкращение, корелации (пациенти с ИБС)

		$IVCT_{PW}$	$IVCT_A$	$IVCT_{MV}$
$IVCT_{PW}$	Pearson Correlation	1	,701**	,623**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000
	N	30	30	30
$IVCT_A$	Pearson Correlation	,701**	1	,598**
	Sig. (2-tailed)	,000		,000
	N	30	30	30
$IVCT_{MV}$	Pearson Correlation	,623**	,598**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	30	30	30
$IVCT_{AO1}$	Spearman's rho	,869**	,727**	,500**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,005
	N	30	30	30
$IVCT_{AO2}$	Spearman's rho	,789**	,540**	,765**
	Sig. (2-tailed)	,000	,002	,000
	N	30	30	30

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Всички изследвани лица

При оценка на всичките изследвани лица $IVCT_{PW}$ показва умерена корелация с $IVCT_A$ ($r = 0,560$; $P < 0,001$). Корелацията между $IVCT_{MV}$ и $IVCT_{PW}$ е умерена ($r_s = 0,511$; $P < 0,001$), а тази между $IVCT_{MV}$ и $IVCT_A$ е висока ($r_s = 0,653$; $P < 0,001$). Данните за $IVCT_{AO1}$ показва висока корелация с $IVCT_{PW}$ ($r_s = 0,664$; $P < 0,001$) и $IVCT_A$ ($r_s = 0,648$; $P < 0,001$), и умерена корелация с $IVCT_{MV}$ ($r_s = 0,565$; $P < 0,001$). $IVCT_{AO2}$ показва висока корелация с

IVCT_{PW} ($r_s = 0,680$; $P < 0,001$) и IVCT_{MV} ($r_s = 0,669$; $P < 0,001$) и умерена корелация с IVCT_A ($r_s = 0,596$; $P < 0,001$).

Таблица 11. Време на изоволуметрично съкращение, корелации (всички изследвани лица)

		IVCT _A
IVCT _{PW}	Pearson Correlation	,560**
	Sig. (2-tailed)	,000
	N	105

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Таблица 12. Време на изоволуметрично съкращение, корелации (всички изследвани лица)

		IVCT _{PW}	IVCT _A	IVCT _{MV}
IVCT _{MV}	Spearman's rho	,511**	,653**	
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	105	105	
IVCT _{A01}	Spearman's rho	,664**	,648**	,565**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	105	105	105
IVCT _{A02}	Spearman's rho	,680**	,596**	,669**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	105	105	105

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Време на изтласкване

ET_{PW}. При изследваните лица се установи следното ET_{PW}: здрави контроли – 289,98±18,04 ms, пациенти с артериална хипертония – 286,11±19,05 ms, болни с ИБС – 298,85±28,28 ms. Разликата между контролните пациенти и тези с АХ и ИБС е незначителна, докато разликата между пациентите с АХ и тези с ИБС е значима (P < 0,05).

ET_A. При изследваните лица установеното ET_A е следното: здрави контроли – 289,75±18,78 ms, пациенти с артериална хипертония – 278,39±19,51 ms, болни с ИБС – 287,44±27,42 ms. Установената разлика между здравите лица и пациентите с артериална хипертония е значима (P < 0,05).

ET_{MV}. Регистрираното ET_{MV} е: здрави контроли – 279,12±18,67 ms, пациенти с артериална хипертония – 266,58±19,81 ms, болни с ИБС – 278,63±29,86 ms, като разликата между здравите лица и хипертониците е значима (P < 0,01), а при останалите сравнения не се установява значима разлика (P = NS).

ET_{AO}. Резултатите за ET_{AO} са следните: здрави контроли – 291,04±19,73 ms, пациенти с артериална хипертония – 287,95±19,72 ms, болни с ИБС – 300,78±28,66 ms, като разликата е значима между болните с артериална хипертония и тези с ИБС (P < 0,05).

Въз основа на получените резултати границата на нормалните стойности на ET_{AO} при изследваните здрави лица е **283,7 - 298,4 ms** (95% доверителен интервал).

Таблица 13. Време на изтласкване

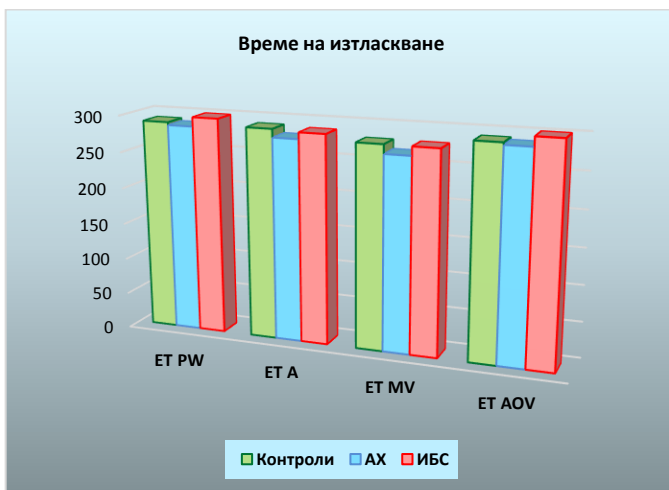
Показател	Контроли (n=30)		АХ (n=45)		ИБС (n=30)		Р	Р	Р
	Средно	±SD	Средно	±SD	Средно	±SD	*	†	‡
ET _{PW} (ms)	289,98	18,04	286,11	19,05	298,85	28,28	NS	NS	< 0,05
ET _A (ms)	289,75	18,78	278,39	19,51	287,44	27,42	< 0,05	NS	NS
ET _{MV} (ms)	279,12	18,67	266,58	19,81	278,63	29,86	< 0,01	NS	NS
ET _{AO} (ms)	291,04	19,73	287,95	19,72	300,78	28,66	NS †	NS	< 0,05 ‡

* Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с артериална хипертония.

† Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с ИБС.

‡ Значимост на разликата между пациентите с артериална хипертония и ИБС.

‡ Значимостта на разликата при тези сравнения е преценена по Mann-Whitney поради неправилно разпределение на стойностите в групата с артериална хипертония.



Фигура 15. Време на изтласкване при различните начини на измерване

В таблица 14 са представени разликите в резултатите за ET при различните начини на измерване.

ET_{PW} и ET_A. При здравите контроли се установиха много близки средни ET_{PW} и ET_A (разлика $0,23 \pm 9,01$ ms) ($P = NS$). При пациентите с AX ET_{PW} е със $7,72 \pm 12,83$ ms по-дълго от ET_A, но разликата не е значима ($P = NS$). При болните с ИБС разликата е $11,41 \pm 13,25$ ms и също не е значима ($P = NS$).

ET_{PW} и ET_{MV}. Установената разлика между ET_{PW} и ET_{MV} е следната: здрави контроли – $10,86 \pm 9,06$ ms ($P < 0,05$), хипертоници – $19,54 \pm 12,81$ ms ($P < 0,001$), пациенти с ИБС – $20,22 \pm 12,48$ ms ($P < 0,01$).

ET_{MV} и ET_A. Регистрираната разлика между ET_{MV} и ET_A е: здрави контроли – $10,63 \pm 7,73$ ms ($P < 0,05$), хипертоници – $11,82 \pm 9,10$ ms ($P < 0,01$), пациенти с ИБС – $8,81 \pm 10,40$ ms ($P = NS$).

ET_{PW} и ET_{AO}. Установената разлика между ET_{PW} и ET_{AO} е минимална: здрави контроли – $1,06 \pm 5,78$ ms ($P = NS$), хипертоници – $1,84 \pm 7,15$ ms ($P = NS$), пациенти с ИБС – $1,93 \pm 7,31$ ms ($P = NS$).

ET_{AO} и ET_A. Разликата, установена между тези два начина на измерване, е следната: здрави контроли – $1,29 \pm 7,95$ ms ($P = NS$), хипертоници – $9,56 \pm 11,50$ ms ($P = NS$), пациенти с ИБС – $13,34 \pm 12,19$ ms ($P = NS$).

ET_{AO} и ET_{MV}. Разликата между тях е: здрави контроли – $11,92 \pm 7,86$ ms ($P < 0,05$), хипертоници – $21,37 \pm 9,63$ ms ($P < 0,001$), пациенти с ИБС – $22,15 \pm 13,44$ ms ($P < 0,01$).

Таблица 14. Разлика в резултатите при различните начини на измерване на ET

Показател	Контроли (n=30)		P	АХ (n=45)		P	ИБС (n=30)		
	Средно	±SD		Средно	±SD		Средно	±SD	P
ET _{PW} – ET _A (ms)	0,23	9,01	NS	7,72	12,83	NS	11,41	13,25	NS
ET _{PW} – ET _{MV} (ms)	10,86	9,06	< 0,05	19,54	12,81	< 0,001	20,22	12,48	< 0,01
ET _{MV} – ET _A (ms)	-10,63	7,73	< 0,05	-11,82	9,10	< 0,01	-8,81	10,40	NS
ET _{PW} – ET _{AO} (ms)	-1,06	5,78	NS	-1,84	7,15	NS ¥	-1,93	7,31	NS
ET _{AO} – ET _A (ms)	1,29	7,95	NS	9,56	11,50	NS ¥	13,34	12,19	NS
ET _{AO} – ET _{MV} (ms)	11,92	7,86	< 0,05	21,37	9,63	< 0,001 ¥	22,15	13,44	< 0,01

¥ Значимостта на разликата при тези сравнения е преценена по Mann-Whitney поради неправилно разпределение на стойностите на ET_{AO} в групата с артериална хипертония.

Корелация между ET при различните методи

Здрави лица

При здравите лица установената корелация между ET_{PW} и ET_A е много висока ($r = 0,878$; $P < 0,001$). Корелацията между ET_{MV}, ET_{PW} и ET_A е следната: ET_{PW} – $r = 0,882$; $P < 0,001$ и ET_A – $r = 0,915$; $P < 0,001$. ET_{AO} също показва много висока корелация с другите методи на измерване: ET_{PW} – $r = 0,959$; $P < 0,001$; ET_A – $r = 0,916$; $P < 0,001$ и ET_{MV} – $r = 0,918$; $P < 0,001$.

Пациенти с артериална хипертония

При хипертониците установената корелация между ET_{PW} и ET_A е висока ($r = 0,779$; $P < 0,001$). ET_{MV} показва висока корелация с ET_{PW} ($r = 0,783$; $P < 0,001$) и много висока корелация с ET_A ($r = 0,893$; $P < 0,001$). ET_{AO} показва много висока корелация с ET, измерено с използване на другите методи: ET_{PW} – $r_s = 0,882$; $P < 0,001$; ET_A – $r_s = 0,838$; $P < 0,001$ и ET_{MV} – $r_s = 0,866$; $P < 0,001$.

Пациенти с ИБС

При болните с ИБС се установи много висока корелация между времето на изтласкване, измерено по четирите начина: ET_{PW} към ET_A ($r = 0,887$; $P < 0,001$), ET_{MV} към ET_{PW} ($r = 0,909$; $P < 0,001$), ET_{MV} към ET_A ($r = 0,938$; $P < 0,001$), ET_{AO} към ET_{PW} ($r = 0,967$; $P < 0,001$), ET_{AO} към ET_A ($r = 0,906$; $P < 0,001$) и ET_{AO} към ET_{MV} ($r = 0,895$; $P < 0,001$).

Таблица 15. Време на изтласкване, корелации (здрaви лица)

		ET_{PW}	ET_A	ET_{MV}
ET_{PW}	Pearson Correlation	1	,878**	,882**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000
	N	30	30	30
ET_{MV}	Pearson Correlation	,882**	,915**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	30	30	30
ET_{AO}	Pearson Correlation	,959**	,916**	,918**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	30	30	30

****.** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Таблица 16. Време на изтласкване, корелации (хипертоници)

		ET_{PW}	ET_A	ET_{MV}
ET_{PW}	Pearson Correlation	1	,779**	,783**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000
	N	45	45	45
ET_{MV}	Pearson Correlation	,783**	,893**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	45	45	45
ET_{AO}	Spearman's rho	,882**	,838**	,866**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	45	45	45

****.** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Таблица 17. Време на изтласкване, корелации (пациенти с ИБС)

		ЕТ _{РВ}	ЕТ _А	ЕТ _{МВ}
ЕТ _{РВ}	Pearson Correlation	1	,887**	,909**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000
	N	30	30	30
ЕТ _{МВ}	Pearson Correlation	,909**	,938**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	30	30	30
ЕТ _{АО}	Pearson Correlation	,967**	,906**	,895**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	30	30	30

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Всички изследвани лица

При общата оценка на всичките изследвани лица също се установи много висока корелация между измереното по четирите начина време на изтласкване: ЕТ_{РВ} към ЕТ_А ($r_s = 0,804$; $P < 0,001$), ЕТ_{МВ} към ЕТ_{РВ} ($r_s = 0,837$; $P < 0,001$), ЕТ_{МВ} към ЕТ_А ($r = 0,921$; $P < 0,001$), ЕТ_{АО} към ЕТ_{РВ} ($r_s = 0,917$; $P < 0,001$), ЕТ_{АО} към ЕТ_А ($r_s = 0,859$; $P < 0,001$) и ЕТ_{АО} към ЕТ_{МВ} ($r_s = 0,889$; $P < 0,001$).

Таблица 18. Време на изтласкване, корелации (всички изследвани лица)

		ЕТ _{РВ}	ЕТ _А	ЕТ _{МВ}
ЕТ _{РВ}	Spearman's rho	1	,804**	,837**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000
	N	105	105	105
ЕТ _{МВ}	Pearson Correlation		,921**	1
	Sig. (2-tailed)		,000	
	N		105	105
ЕТ _{АО}	Spearman's rho	,917**	,859**	,889**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	105	105	105

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Време на изоволуметрична релаксация

IVRT_{PW}. При изследваните лица се установи следното IVRT_{PW}: здрави контроли – 67,10±9,50 ms, пациенти с артериална хипертония – 94,48±18,17 ms, болни с ИБС – 102,54±22,62 ms. IVRT_{PW} при здравите лица е значимо по-късо от това при болните с АХ (P < 0,001) и ИБС (P < 0,001), докато установената разлика между хипертониците и пациентите с ИБС не е значима (P = NS).

IVRT_A. Установеното IVRT_A е най-късо при здравите лица (62,96±8,87 ms), по-дълго е при болните с артериална хипертония (84,00±20,86 ms) и е най-дълго при пациентите с ИБС (100,18±15,27 ms), като разликата между трите групи е статистически значима (P < 0,001).

IVRT_{MV}. IVRT_{MV} при изследваните лица е: здрави контроли – 81,38±13,81 ms, пациенти с артериална хипертония – 107,73±20,60 ms, болни с ИБС – 118,84±22,52 ms. Разликата между здравите контроли и хипертониците, както и тази между здравите контроли и болните с ИБС е статистически значима (P < 0,001), докато тази между хипертониците и пациентите с ИБС не достига значима стойност (P = NS).

IVRT_{AO}. Установеното IVRT_{AO} също е най-късо при здравите лица (71,37±11,57 ms), по-дълго е при болните с артериална хипертония (94,44±15,51 ms) и е най-дълго при пациентите с ИБС (105,11±18,67 ms), като разликата между трите групи е статистически значима: контроли към АХ (P < 0,001), контроли към ИБС (P < 0,001), АХ към ИБС (P < 0,05).

Въз основа на получените резултати границата на нормалните стойности на IVRT_{AO} при изследваните здрави лица е **67,1 - 75,7 ms** (95% доверителен интервал).

Таблица 19. Време на изоволуметрична релаксация

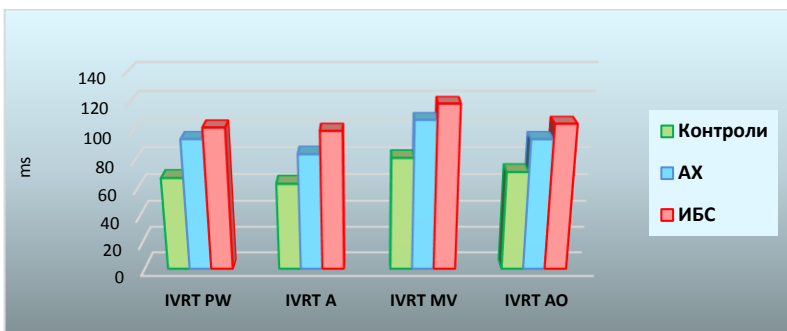
Показател	Контроли (n=30)		АХ (n=45)		ИБС (n=30)		Р	Р	Р
	Средно	±SD	Средно	±SD	Средно	±SD	*	†	‡
IVRT _{PW} (ms)	67,10	9,50	94,48	18,17	102,54	22,62	< 0,001	< 0,001	NS
IVRT _A (ms)	62,96	8,87	84,00	20,86	100,18	15,27	< 0,001	< 0,001	< 0,001
IVRT _{MV} (ms)	81,38	13,81	107,73	20,60	118,84	22,52	< 0,001	< 0,001 ¥	NS ¥
IVRT _{AO} (ms)	71,37	11,57	94,44	15,51	105,11	18,67	< 0,001	< 0,001 ¥	< 0,05 ¥

* Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с артериална хипертония.

† Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с ИБС.

‡ Значимост на разликата между пациентите с артериална хипертония и ИБС.

¥ Значимостта на разликата при тези сравнения е преценена по Mann-Whitney поради неправилно разпределение на стойностите на IVRT_{MV} и IVRT_{AO} в групата с ИБС



Фигура 16. Време на изоволуметрична релаксация

В таблица 20 са представени разликите в резултатите за IVRT при различните начини на измерване.

Таблица 20. Разлика в резултатите при различните начини на измерване на IVRT

Показател	Контроли (n=30)			АХ (n=45)			ИБС (n=30)		
	Средно	±SD	P	Средно	±SD	P	Средно	±SD	P
IVRT _{PW} – IVRT _A (ms)	4,14	9,96	NS	10,49	20,33	< 0,05	2,36	22,72	NS
IVRT _{PW} – IVRT _{MV} (ms)	-14,28	9,84	< 0,001	-16,91	25,67	< 0,01	-16,30	16,21	< 0,01 ¥
IVRT _{MV} – IVRT _A (ms)	18,42	12,49	< 0,001	23,73	19,87	< 0,001	18,66	20,44	< 0,001 ¥
IVRT _{PW} – IVRT _{AO} (ms)	-4,30	11,55	NS	0,16	14,70	NS	-2,66	17,58	NS ¥
IVRT _{AO} – IVRT _A (ms)	8,11	9,34	< 0,01	10,81	15,22	< 0,01	5,10	15,27	NS ¥
IVRT _{AO} – IVRT _{MV} (ms)	-10,01	12,74	< 0,01	-13,28	14,59	< 0,01	-13,73	13,92	< 0,01 ¥

¥ Значимостта на разликата при тези сравнения е преценена по Mann-Whitney поради неправилно разпределение на стойностите на IVRT_{MV} и IVRT_{AO} в групата с ИБС

IVRT_{PW} и IVRT_A. При здравите контроли установената разлика между IVRT_{PW} и IVRT_A е 4,14±9,96 ms (P = NS). При пациентите с АХ тя е 10,49±20,33 ms (P < 0,05), а при болните с ИБС е 2,36±22,72 ms (P = NS).

IVRT_{PW} и IVRT_{MV}. Сравнението на IVRT_{PW} и IVRT_{MV} показва по-късо IVRT_{PW}, като разликата е следната: здрави контроли – 14,28±9,84 ms (P < 0,001), хипертоници – 16,91±25,67 ms (P < 0,01), пациенти с ИБС – 16,30±16,21 ms (P < 0,01).

IVRT_{MV} и IVRT_A. При изследваните лица IVRT_{MV} е по-дълго от IVRT_A: здрави контроли – 18,42±12,49 ms (P < 0,001), хипертоници – 23,73±19,87 ms (P < 0,001), пациенти с ИБС – 18,66±20,44 ms (P < 0,001).

IVRT_{PW} и IVRT_{AO}. Средните IVRT_{PW} и IVRT_{AO} са много близки, като установената разлика е следната: здрави контроли – $-4,30 \pm 11,55$ ms (P = NS), хипертоници – $0,16 \pm 14,70$ ms (P = NS), пациенти с ИБС – $-2,66 \pm 17,58$ ms (P = NS).

IVRT_{AO} и IVRT_A. Установената разлика между IVRT_{AO} и IVRT_A е: здрави контроли – $8,11 \pm 9,34$ ms (P < 0,01), хипертоници – $10,81 \pm 15,22$ ms (P < 0,01), пациенти с ИБС – $5,10 \pm 15,27$ ms (P = NS).

IVRT_{AO} и IVRT_{MV}. IVRT_{AO} е по-късо от IVRT_{MV}, като установената разлика е: здрави контроли – $10,01 \pm 12,74$ ms (P < 0,01), хипертоници – $13,28 \pm 14,59$ ms (P < 0,01), пациенти с ИБС – $13,73 \pm 13,92$ ms (P < 0,01).

Корелация между IVRT при различните методи

Здрави лица

При здравите лица установената корелация между IVRT_{PW} и IVRT_A е умерена ($r = 0,414$; P < 0,05), тази между IVRT_{MV} и IVRT_{PW} е висока ($r = 0,701$; P < 0,001), а между и IVRT_{MV} и IVRT_A е умерена ($r = 0,463$; P < 0,05). В тази група установената корелация между IVRT_{AO} и IVRT_{PW} ($r = 0,434$; P < 0,05) и IVRT_{MV} ($r = 0,508$; P < 0,01) е умерена, а корелацията между IVRT_{AO} и IVRT_A е висока ($r = 0,611$; P < 0,001).

Пациенти с артериална хипертония

При пациентите с АХ установената корелация между IVRT_{PW} и IVRT_A е умерена ($r = 0,465$; P < 0,01), корелацията между IVRT_{MV} и IVRT_{PW} е много висока ($r = 0,836$; P < 0,001), а тази между IVRT_{MV} и IVRT_A е умерена ($r = 0,540$; P < 0,001). IVRT_{AO} показва висока корелация с другите три метода на отчитане на IVRT, като най-висока е тази с IVRT_{MV}: IVRT_{PW} - $r = 0,638$; P < 0,001, IVRT_A - $r = 0,697$; P < 0,001, IVRT_{MV} - $r = 0,707$; P < 0,001.

Пациенти с ИБС

При пациентите с ИБС установената корелация между IVRT_{PW} и IVRT_A не достига статистически значима стойност ($r = 0,331$; P = NS), корелацията между IVRT_{MV} и IVRT_{PW} ($r_s = 0,566$; P < 0,01) и между IVRT_{MV} и IVRT_A ($r_s = 0,427$; P < 0,05) не е висока, докато тази между IVRT_{MV} и IVRT_{AO} ($r_s = 0,625$; P < 0,001) е висока. IVRT_{AO} показва умерена корелация с IVRT_{PW} ($r_s = 0,503$; P < 0,01) и висока корелация с IVRT_A ($r_s = 0,620$; P < 0,001).

Таблица 21. Време на изоволуметрична релаксация, корелации (здрави лица)

		IVRT _{PW}	IVRT _A	IVRT _{MV}
IVRT _{PW}	Pearson Correlation	1	,414*	,701**
	Sig. (2-tailed)		,023	,000
	N	30	30	30
IVRT _{MV}	Pearson Correlation	,701**	,463*	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,010	
	N	30	30	30
IVRT _{AO}	Pearson Correlation	,434*	,611**	,508**
	Sig. (2-tailed)	,017	,000	,004
	N	30	30	30

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Таблица 22. Корелация между IVRT, измерено по различните начини (хипертоници)

		IVRT _{PW}	IVRT _A	IVRT _{MV}
IVRT _{PW}	Pearson Correlation	1	,465**	,836**
	Sig. (2-tailed)		,001	,000
	N	45	45	45
IVRT _{MV}	Pearson Correlation	,836**	,540**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	45	45	45
IVRT _{AO}	Pearson Correlation	,638**	,697**	,707**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	45	45	45

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Таблица 23. Корелация между IVRT, измерено по различните начини (пациенти с ИБС)

		IVRT _{PW}	IVRT _A	IVRT _{MV}
IVRT _{PW}	Correlation Coefficient	1	,331	,566** ¥
	Sig. (2-tailed)		,074	,001
	N	30	30	30
IVRT _{MV}	Correlation Coefficient	,566** ¥	,427* ¥	1
	Sig. (2-tailed)	,001	,019	
	N	30	30	30
IVRT _{AO}	Correlation Coefficient	,503** ¥	,620** ¥	,625** ¥
	Sig. (2-tailed)	,005	,000	,000
	N	30	30	30

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

¥ - Оценка с използване на коефициент на корелация "rho" на Spearman.

Всички изследвани лица

При общата оценка на всичките изследвани лица се установи висока и много висока корелация между измереното по четирите начина време на изоволуметрично съкращение: IVRT_{PW} към IVRT_A ($r = 0,635$; $P < 0,001$), IVRT_{MV} към IVRT_{PW} ($r = 0,860$; $P < 0,001$), IVRT_{MV} към IVRT_A ($r = 0,690$; $P < 0,001$), IVRT_{AO} към IVRT_{PW} ($r = 0,775$; $P < 0,001$), IVRT_{AO} към IVRT_A ($r = 0,789$; $P < 0,001$) и IVRT_{AO} към IVRT_{MV} ($r = 0,822$; $P < 0,001$).

Таблица 24. Корелация между IVRT, измерено по различните начини (всички изследвани лица)

		IVRT _{PW}	IVRT _A	IVRT _{MV}
IVRT _{PW}	Pearson Correlation	1	,635**	,860**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000
	N	105	105	105
IVRT _{MV}	Pearson Correlation	,860**	,690**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	105	105	105
IVRT _{AO}	Pearson Correlation	,775**	,789**	,822**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	105	105	105

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Индекс на миокардна производителност

MPI_{PW}. При изследваните лица се установи следният MPI_{PW}: здрави контроли – 0,40±0,07, пациенти с артериална хипертония – 0,49±0,09, болни с ИБС – 0,51±0,12. Установеният MPI_{PW} при здравите контроли е значимо по-нисък от този при хипертониците (P < 0,001) и пациентите с ИБС (P < 0,001), а разликата между хипертониците и болните с ИБС не е значима (P = NS).

MPI_A. При здравите лица установеният MPI_A е 0,45±0,06, като е значимо по-нисък от този при хипертониците (0,57±0,12) (P < 0,001) и болните с ИБС (0,63±0,11) (P < 0,001). Регистрираният MPI_A при болните с ИБС е значимо по-висок от MPI_A при хипертониците (P < 0,05).

MPI_{MV}. Установеният MPI_{MV} е следният: здрави контроли – 0,41±0,07, пациенти с артериална хипертония – 0,55±0,11, болни с ИБС – 0,59±0,15, като разликата между здравите лица и хипертониците (P < 0,001), и здравите лица и болните с ИБС (P < 0,001) е значима, а тази между хипертониците и пациентите с ИБС (P = NS) не е.

Таблица 25. Индекс на миокардна производителност

Показател	Контроли (n=30)		АХ (n=45)		ИБС (n=30)		Р	Р	Р
	Средно	±SD	Средно	±SD	Средно	±SD	*	†	‡
MPI _{PW}	0,40	0,07	0,49	0,09	0,51	0,12	<0,001 ¥	<0,001	NS ¥
MPI _A	0,45	0,06	0,57	0,12	0,63	0,11	<0,001	<0,001	<0,05
MPI _{MV}	0,41	0,07	0,55	0,11	0,59	0,15	<0,001	<0,001 ¥	NS ¥
MPI _{AO1}	0,49	0,07	0,59	0,09	0,62	0,13	<0,001	<0,001	NS
MPI _{AO2}	0,38	0,05	0,48	0,07	0,50	0,12	<0,001	<0,001	NS

* Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с артериална хипертония.

† Значимост на разликата между здравите лица и пациентите с ИБС.

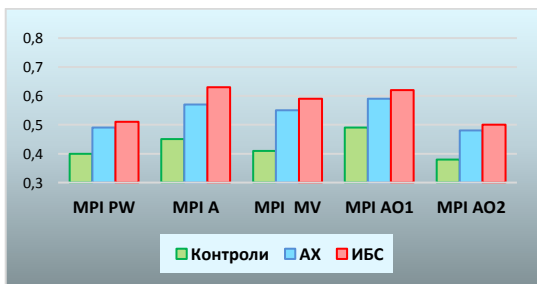
‡ Значимост на разликата между пациентите с артериална хипертония и ИБС.

¥ Значимостта на разликата при тези сравнения е преценена по Mann-Whitney поради неправилно разпределение на стойностите в групата с АХ или ИБС.

MPI_{AO1}. При изследваните болни MPI_{AO1} е: здрави контроли – 0,49±0,07, пациенти с артериална хипертония – 0,59±0,09, болни с ИБС – 0,62±0,13. Подобно на MPI_{PW} и MPI_{MV}, разликата между контролите и хипертониците (P < 0,001), и контролите и болните с ИБС (P < 0,001) е значима, а тази между хипертониците и пациентите с ИБС (P = NS) не е значима.

MPI_{AO2}. При здравите лица установеният MPI_{AO2} е 0,38±0,05. Той е значимо по-нисък от регистрирания при пациентите с АХ (0,48±0,07) (P < 0,001) и ИБС (0,50±0,12) (P < 0,001). Както при MPI_{PW}, MPI_{MV} и MPI_{AO1}, разликата между изследваните хипертоници и болни с ИБС (P = NS) не е значима.

Получените резултати показват следните нормални стойности на MPI_{AO} при изследваните лица: MPI_{AO1}: **0,467 - 0,520** (95% доверителен интервал), MPI_{AO2}: **0,356 - 0,397** (95% доверителен интервал).



Фигура 17. MPI при различните начини на отчитане

Разлика между MPI при различните методи

Здрави лица

При здравите лица MPI_{PW} ($0,40 \pm 0,07$) има значимо по-ниска стойност от MPI_A ($0,45 \pm 0,06$) ($P < 0,01$). Разликата между MPI_{MV} ($0,41 \pm 0,07$) и MPI_{PW} не е статистически значима ($P = NS$), а тази между MPI_{MV} и MPI_A е значима ($P < 0,05$). В тази група MPI_{AO1} ($0,49 \pm 0,07$) е значимо по-висок от MPI_{PW} ($P < 0,001$), MPI_{MV} ($P < 0,001$) и MPI_A ($P < 0,01$). MPI_{AO2} ($0,38 \pm 0,05$) не се различава значимо от MPI_{PW} ($P = NS$), а е значимо по-нисък от MPI_{MV} ($P < 0,05$), MPI_A ($P < 0,001$) и MPI_{AO1} ($P < 0,001$).

Пациенти с артериална хипертония

Поради неправилното разпределение на стойностите на MPI_{PW} значимостта на разликите за този показател е преценена по Mann-Whitney. Подобно на здравите лица, при пациентите с артериална хипертония MPI_{PW} ($0,49 \pm 0,09$) има значимо по-ниска стойност от MPI_A ($0,57 \pm 0,12$) ($P < 0,01$). Разликата между MPI_{MV} ($0,55 \pm 0,11$) и MPI_{PW} е значима ($P < 0,05$), а тази между MPI_{MV} и MPI_A не е ($P = NS$). При хипертониците MPI_{AO1} ($0,59 \pm 0,09$) е значимо по-висок от MPI_{PW} ($P < 0,001$), а разликата между MPI_{AO1} и MPI_{MV} ($P = NS$), и MPI_{AO1} и MPI_A ($P = NS$) не е значима. При хипертониците MPI_{AO2} ($0,48 \pm 0,07$) не се различава значимо от MPI_{PW} ($P = NS$), като е значимо по-нисък от MPI_{MV} ($P < 0,001$), MPI_A ($P < 0,001$) и MPI_{AO1} ($P < 0,001$).

Пациенти с ИБС

В групата на пациентите с ИБС разпределението на стойностите на MPI_{MV} е неправилно, поради което оценката за значимостта на разликите за този показател е осъществена по Mann-Whitney. При болните с ИБС, подобно на другите изследвани групи, MPI_{PW} ($0,51 \pm 0,12$) е значимо по-нисък от MPI_A ($0,63 \pm 0,11$) ($P < 0,001$). Разликата между MPI_{MV} ($0,59 \pm 0,15$) и MPI_{PW} не достига статистически значими стойности ($P = 0,056$), а разликата между MPI_{MV} и MPI_A е значима ($P < 0,05$). Установеният MPI_{AO1} ($0,62 \pm 0,13$) е значимо по-висок от MPI_{PW} ($P < 0,01$), а разликата между MPI_{AO1} и MPI_A ($P = NS$), и MPI_{AO1} и MPI_{MV} ($P = NS$) е минимална и не е значима. MPI_{AO2} ($0,50 \pm 0,12$) не се различава значимо от MPI_{PW} ($P = NS$) и MPI_{MV} ($P = 0,051$), а е значимо по-нисък от MPI_{AO1} ($P < 0,001$) и MPI_A ($P < 0,001$).

Корелация между MPI при различните методи

Здрави лица

При здравите лица се установи умерена корелация между MPI_{PW} и MPI_A ($r = 0,499$; $P < 0,01$). В тази група корелацията между MPI_{MV} и MPI_{PW} също е умерена ($r = 0,427$; $P < 0,05$), а тази между MPI_{MV} и MPI_A не е значима ($r = 0,341$; $P = NS$).

При здравите контроли MPI_{AO1} показва следната корелация с MPI , базиран на другите методи: MPI_{AO1} и MPI_{PW} ($r = 0,691$; $P < 0,001$), MPI_{AO1} и MPI_A ($r = 0,717$; $P < 0,001$) и MPI_{AO1} и MPI_{MV} ($r = 0,598$; $P < 0,001$).

В тази група изследвани лица MPI_{AO2} показва следната корелация с MPI , изчислен с използване на другите методи: MPI_{AO2} и MPI_{PW} ($r = 0,509$; $P < 0,01$), MPI_{AO2} и MPI_A ($r = 0,587$; $P < 0,01$) и MPI_{AO2} и MPI_{MV} ($r = 0,635$; $P < 0,001$).

Пациенти с артериална хипертония

При пациентите с АХ установената корелация между MPI_{PW} и MPI_A не е висока ($r_s = 0,432$; $P < 0,01$), а корелацията между MPI_{MV} и MPI_{PW} ($r_s = 0,681$; $P < 0,001$), и между MPI_{MV} и MPI_A ($r = 0,664$; $P < 0,001$) е висока.

В тази група MPI_{AO1} показва висока корелация с MPI , основан на другите методи: MPI_{AO1} и MPI_{PW} ($r_s = 0,772$; $P < 0,001$), MPI_{AO1} и MPI_A ($r = 0,652$; $P < 0,001$) и MPI_{AO1} и MPI_{MV} ($r = 0,764$; $P < 0,001$).

Корелацията на MPI_{AO2} с MPI , базиран на другите методи, също е висока: MPI_{AO2} и MPI_{PW} ($r_s = 0,733$; $P < 0,001$), MPI_{AO2} и MPI_A ($r = 0,724$; $P < 0,001$) и MPI_{AO2} и MPI_{MV} ($r = 0,762$; $P < 0,001$).

Таблица 26. Индекс на миокардна производителност, корелации (здравни лица)

		MPI_{PW}	MPI_A	MPI_{MV}
MPI_{PW}	Pearson Correlation	1	,499**	,427*
	Sig. (2-tailed)		,005	,019
	N	30	30	30
MPI_{MV}	Pearson Correlation	,427*	,341	1
	Sig. (2-tailed)	,019	,065	
	N	30	30	30
MPI_{AO1}	Pearson Correlation	,691**	,717**	,598**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	30	30	30
MPI_{AO2}	Pearson Correlation	,509**	,587**	,635**
	Sig. (2-tailed)	,004	,001	,000
	N	30	30	30

***. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).*

**. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).*

Таблица 27. Индекс на миокардна производителност, корелации (хипертоници)

		MPI_{PW}	MPI_A	MPI_{MV}
MPI_{PW}	Correlation coefficient	1	,432** †	,681** †
	Sig. (2-tailed)		,003	,000
	N	45	45	45
MPI_{MV}	Correlation coefficient	,681** †	,664**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	45	45	45
MPI_{AO1}	Correlation coefficient	,772** †	,652**	,764**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	45	45	45
MPI_{AO2}	Correlation coefficient	,733** †	,724**	,762**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	45	45	45

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

† - Spearman's rho

Таблица 28. Индекс на миокардна производителност, корелации (пациенти с ИБС)

		MPI_{PW}	MPI_A	MPI_{MV}C
MPI_{PW}	Pearson Correlation	1	,683**	,886**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000
	N	30	30	30
MPI_{MV}C	Pearson Correlation	,886**	,713**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	N	30	30	30
MPI_{AO1}	Pearson Correlation	,858**	,771**	,792**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	30	30	30
MPI_{AO2}	Pearson Correlation	,862**	,715**	,840**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	30	30	30

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

MPI_{MV}C – MPI_{MV}, коригиран до нормално разпределение

Пациенти с ИБС

При пациентите с ИБС се установи висока корелация между MPI_{PW} и MPI_A ($r = 0,683$; $P < 0,001$). MPI_{MV} показва много висока корелация с MPI_{PW} ($r = 0,886$; $P < 0,001$) и висока корелация с MPI_A ($r = 0,713$; $P < 0,001$).

При тези болни MPI_{AO1} показва много висока корелация с MPI_{PW} ($r = 0,858$; $P < 0,001$), а установената корелация с MPI_A ($r = 0,771$; $P < 0,001$) и MPI_{MV} ($r = 0,792$; $P < 0,001$) е висока.

Установената корелация на MPI_{AO2} е много висока с MPI_{PW} ($r = 0,862$; $P < 0,001$) и MPI_{MV} ($r = 0,840$; $P < 0,001$), а с MPI_A е висока ($r = 0,715$; $P < 0,001$).

Всички изследвани лица

Анализът на разпределението на стойностите на MPI при всички изследвани лица показва неправилно разпределение за MPI_{PW} , MPI_{MV} , MPI_{AO1} и MPI_{AO2} , поради което за оценка на корелацията между тях беше използван коефициентът на корелация на Spearman (ρ).

При общата оценка на всичките изследвани пациенти се установи висока корелация между MPI_{PW} и MPI_A ($r_s = 0,654$; $P < 0,001$). MPI_{MV} показва висока корелация с MPI_{PW} ($r_s = 0,789$; $P < 0,001$) и MPI_A ($r_s = 0,709$; $P < 0,001$).

Таблица 29. Индекс на миокардна производителност, корелации (всички изследвани лица)

		MPI_{PW}	MPI_A	MPI_{MV}
MPI_{PW}	Spearman's rho	1,000	,654**	,789**
	Sig. (2-tailed)	.	,000	,000
	N	105	105	105
MPI_{MV}	Spearman's rho	,789**	,709**	1,000
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	.
	N	105	105	105
MPI_{AO1}	Spearman's rho	,813**	,709**	,807**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	105	105	105
MPI_{AO2}	Spearman's rho	,792**	,732**	,821**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000
	N	105	105	105

***. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).*

Установените при всичките изследвани лица корелации за MPI_{AO1} и MPI_{AO2} са както следва:

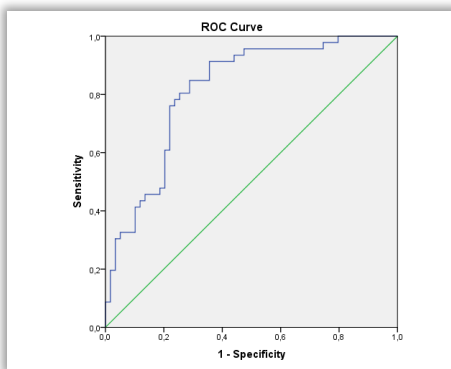
MPI_{AO1} : много висока корелация с MPI_{PW} ($r_s = 0,813$; $P < 0,001$), висока корелация с MPI_A ($r_s = 0,709$; $P < 0,001$) и много висока корелация с MPI_{MV} ($r_s = 0,807$; $P < 0,001$);

MPI_{AO2} : висока корелация с MPI_{PW} ($r_s = 0,792$; $P < 0,001$), висока корелация с MPI_A ($r_s = 0,732$; $P < 0,001$) и много висока корелация с MPI_{MV} ($r_s = 0,821$; $P < 0,001$).

ROC-криви за индекса на миокардна производителност

ROC-крива MPI_{PWTDI} - MPI_{PW}

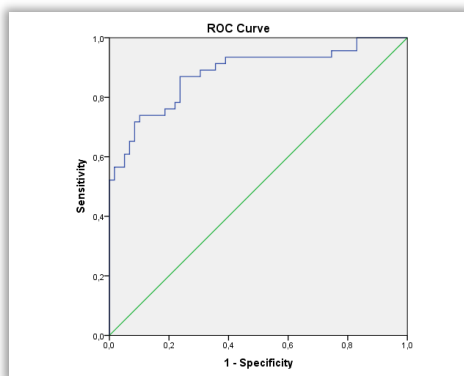
Анализът на ROC-кривата за MPI_{PWTDI} срещу MPI_{PW} показва, че стойност на $MPI_{PWTDI} \geq 0,547$ предсказва наличие на патологичен MPI при пулсова Doppler-ЕхоКГ ($MPI_{PW} \geq 0,5$) с чувствителност 0,804 и 1 - специфичност 0,254, при площ под кривата – 0,815.



Фигура 18. ROC-крива MPI_{PWTDI} - MPI_{PW}

ROC-крива MPI_{MV} - MPI_{PW}

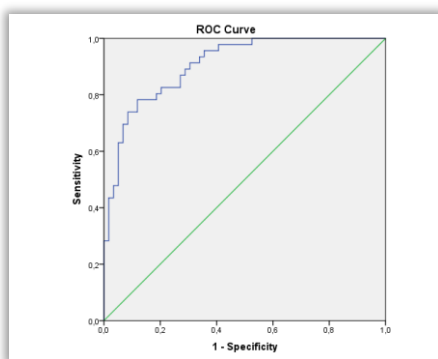
Анализът на ROC-кривата за MPI_{MV} срещу MPI_{PW} показва, че стойност на $MPI_{MV} \geq 0,552$ сочи наличие на патологичен MPI при пулсова Doppler-ЕхоКГ ($MPI_{PW} \geq 0,5$) с чувствителност 0,739 и 1 - специфичност 0,102, при площ под кривата – 0,882.



Фигура 19. ROC-крива MPI_{MV} - MPI_{PW}

ROC-крива MPI_{AO1} - MPI_{PW}

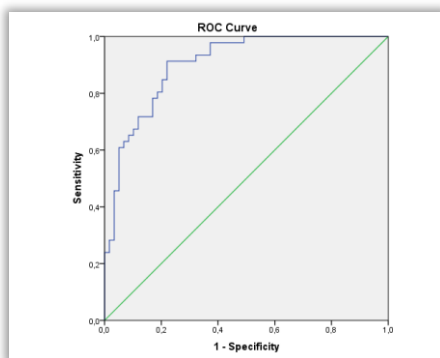
Анализът на ROC-кривата за MPI_{AO1} срещу MPI_{PW} показва, че стойност на $MPI_{AO1} \geq 0,578$ предсказва наличие на патологичен MPI при пулсова Doppler-ЕхоКГ ($MPI_{PW} \geq 0,5$) с чувствителност 0,783 и 1 - специфичност 0,119, при площ под кривата – 0,906. Между тестваните методи това е най-доброто съотношение чувствителност-специфичност, при най-голяма площ под кривата.



Фигура 20. ROC-крива MPI_{AO1} - MPI_{PW}

ROC-крива MPI_{AO2} - MPI_{PW}

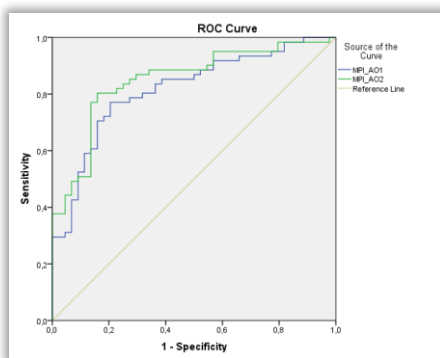
Анализът на ROC-кривата за MPI_{AO2} срещу MPI_{PW} показва, че стойност на $MPI_{AO2} \geq 0,446$ предсказва наличие на $MPI_{PW} \geq 0,5$ с чувствителност 0,913 и 1 - специфичност 0,220, при площ под кривата – 0,903. За сравнение, както беше посочено по-горе, площта под кривата при ROC-кривата за MPI_{AO1} срещу MPI_{PW} е 0,906, за MPI_{MV} срещу MPI_{PW} е 0,882, а за MPI_{PWTDI} срещу MPI_{PW} – 0,815.



Фигура 21. ROC-крива MPI_{AO2} - MPI_{PW}

Индекс на миокардна производителност при 1P тъканна Doppler-ЕхоКГ и диастолна функция

Анализът на получените данни показва, че стойност на $MPI_{AO1} \geq 0,541$ предсказва наличие на диастолна дисфункция с чувствителност 0,787 и 1 - специфичност 0,273, при площ под кривата – 0,816. По отношение на MPI_{AO2} , стойност $\geq 0,441$ предсказва наличие на диастолна дисфункция с чувствителност 0,803 и 1 - специфичност 0,159, при площ под кривата – 0,849.



Фигура 22. MPI_{AO} и наличие на диастолна дисфункция (ROC-криви)

Получените гранични стойности на MPI_{AO1} и MPI_{AO2} (съответно $\geq 0,541$ и $\geq 0,441$) говорещи за наличие на диастолна дисфункция, са близки до стойностите, предсказващи патологичен MPI_{PW} (съответно $\geq 0,578$ и $\geq 0,446$).

Заклучение

Време на изоволуметрично съкращение

При IVCT, измерено по четирите начина, най-ниска стойност показват $IVCT_{AO2}$ и $IVCT_{MV}$, докато най-висока е стойността на $IVCT_A$ и $IVCT_{AO1}$. Установената разликата между $IVCT_{AO2}$ и $IVCT_{MV}$ е малка, но е значима при здравите лица и хипертониците ($P < 0,05$), докато при болните с ИБС не е значима. Разликата между $IVCT_{AO1}$ и $IVCT_A$ и в трите изследвани групи не е значима.

Корелацията между показателите за IVCT, измерено по различните начини, варира от умерена до много висока, като при общия анализ на всичките изследвани лица корелацията на $IVCT_{AO1}$ и $IVCT_{AO2}$ с IVCT, измерено по другите методи, е висока.

Въз основа на получените данни нормалните стойности за IVCT при изследваните здрави лица при 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа са:

- $IVCT_{AO1}$: **65,5 - 77,6 ms** (95% доверителен интервал)
- $IVCT_{AO2}$: **34,3 - 41,1 ms** (95% доверителен интервал)

Време на изтласкване

По отношение на времето на изтласкване, най-късо ET се установява при измерване с 1P цветен тъканен Doppler през митралната клапа, като то е средно с 8,81 до 22,15 ms по-късо от ET, измерено по другите методи. Единствено разликата между ET_{MV} и ET_A при болните с ИБС ($8,81 \pm 10,40$ ms) не достига статистически значима стойност. Времето на изтласкване, измерено с 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа е най-близко до ET_{PW} , като средната разлика между тях и в трите изследвани групи е по-малка от 2 ms.

От изследваните интервали, ET показва най-висока корелация между измерванията по различните начини, като при общия анализ на всичките изследвани лица тя е най-висока между ET_{MV} и ET_A ($r = 0,921$) и ET_{AO} и ET_{PW} ($r_s = 0,917$).

Установените граници на нормата за времето на изтласкване при изследваните здрави лица при 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа са:

- ET_{AO} : **283,7 - 298,4 ms** (95% доверителен интервал)

Време на изоволуметрична релаксация

По отношение на IVRT, най-малка е установената продължителност при $IVRT_A$, следвано от $IVRT_{PW}$, $IVRT_{AO}$ и $IVRT_{MV}$, което е най-дълго и в трите изследвани групи.

Корелацията между стойностите на IVRT при различните методи в отделните групи варира от несигнификантна и ниска до много висока. Най-ниска е установената корелация между $IVRT_{PW}$ и $IVRT_A$, а най-висока - между $IVRT_{MV}$ и $IVRT_{PW}$. При анализа на всичките изследвани лица $IVRT_{AO}$ показва висока и много висока корелация с резултатите от другите методи. В общата група най-висока е корелацията между $IVRT_{MV}$ и $IVRT_{PW}$, докато корелацията между $IVRT_{MV}$ и $IVRT_A$ е висока, но е по-ниска в сравнение с тази при $IVRT_{AO}$ и $IVRT_A$.

Установените граници на нормата за времето на изоволуметрична релаксация при изследваните здрави лица при 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа са:

- $IVRT_{AO}$: **67,1 - 75,7 ms** (95% доверителен интервал)

Индекс на миокардна производителност

При индекса на миокардна производителност най-ниска стойност има MPI_{AO2} , при почти всички сравнения следван от MPI_{PW} , MPI_{MV} , MPI_A и MPI_{AO1} . Изключение са болните с ИБС, при които средният MPI_A е минимално по-висок от средния MPI_{AO1} , но разликата не е значима (MPI_A : $0,63 \pm 0,11$, MPI_{AO1} : $0,62 \pm 0,13$, $P = NS$). При хипертониците MPI_{AO1} е малко по-висок от MPI_A , но разликата не е значима (MPI_A : $0,57 \pm 0,12$, MPI_{AO1} : $0,59 \pm 0,09$, $P = NS$), а при здравите лица установената разлика е значима (MPI_A : $0,45 \pm 0,06$, MPI_{AO1} : $0,49 \pm 0,07$, $P < 0,01$).

Корелацията между стойностите на MPI при различните методи в отделните групи варира от умерена до много висока.

При здравите лица най-високата корелация е между MPI_{AO1} и MPI_A ($r = 0,717$), следвана от тази между MPI_{AO1} и MPI_{PW} , а най-ниска корелация се установява между MPI_{PW} и MPI_{MV} ($r = 0,427$).

При хипертониците най-висока корелация се установява между MPI_{AO1} и MPI_{PW} ($r_s = 0,772$), следвана от MPI_{AO1} и MPI_{MV} , и MPI_{AO2} и MPI_{MV} , а най-ниска корелация показват MPI_{PW} и MPI_A ($r_s = 0,432$).

При пациентите с ИБС установяваните корелации в MPI при различните методи са по-високи, като най-висока е корелацията между MPI_{MV} и MPI_{PW} ($r = 0,886$), следвана от тази между MPI_{AO2} и MPI_{PW} ($r = 0,862$) и MPI_{AO1} и MPI_{PW} ($r = 0,858$), а най-ниска е корелацията между MPI_{PW} и MPI_A ($r = 0,683$).

Норми за индекса на миокардна производителност при едноразмерна цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа

Установените граници на нормалните стойности за MPI при изследваните здрави лица при 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа са:

- MPI_{AO1} : **0,467 - 0,520** (95% доверителен интервал)
- MPI_{AO2} : **0,356 - 0,397** (95% доверителен интервал)

Патологичен индекс на миокардна производителност при едноразмерна цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа

Въз основа на анализа на ROC-кривите се установиха следните гранични стойности за MPI при 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа, предсказващи патологичен MPI_{PW} :

- $MPI_{AO1} \geq 0,578$ (за практически цели – $MPI_{AO1} \geq 0,58$)
- $MPI_{AO2} \geq 0,446$ (за практически цели – $MPI_{AO2} \geq 0,45$)

Граничните стойности на MPI_{AO} ($MPI_{AO1} \geq 0,541$ и $MPI_{AO2} \geq 0,441$), сочещи наличие на левокамерна диастолна дисфункция, са близки до предсказващите патологичен MPI при пулсова Doppler-ЕхоКГ, като това е особено валидно за MPI_{AO2} .

Измерването на левокамерните интервали IVCT, ET и IVRT и изчисляването на индекса на миокардна производителност с използване на 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа е възможно, като в повечето случаи корелацията на резултатите, получавани с помощта на този метод, с резултатите от другите методи е висока и много висока, но показва разлики в зависимост от изследваната група.

ИЗВОДИ

1. Предложеният метод за измерване на левокамерните интервали с 1P цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа дава възможност за прецизно измерване на времето на изтласкване, изоволуметрична контракция и релаксация поради директното визуализиране на движението на отваряне и затваряне на аортната клапа.
2. На базата на анализа на данните за **времето на изоволуметрично съкращение** с използваните методи, степента на установената корелация варира от умерена до много висока. За времето на изоволуметрично съкращение, измерено с 1P цветна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа, корелацията с измереното по другите методи, е висока.
3. От изследваните интервали **времето на изтласкване** показва най-висока корелация между измерванията по различните начини, като тя е най-висока между измереното с цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през митралната клапа и с пулсова тъканна Doppler-ЕхоКГ, както и между измереното с цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа и с пулсова Doppler-ЕхоКГ.
4. Анализът на данните за **времето на изоволуметрична релаксация** показва корелация между резултатите при различните методи, варираща от несигнификантна и ниска до много висока. Най-ниска е установената корелация между времето на изоволуметрична релаксация, измерено с пулсов Doppler и пулсов тъканен Doppler, а най-висока – между измереното с цветен тъканен Doppler през митралната клапа и пулсов Doppler.
5. Корелацията между стойностите на **индекса на миокардна производителност**, изчислен с използване на различните методи, варира от умерена до много висока, като в повечето случаи най-висока корелация с другите методи показват резултатите с използване на цветен тъканен Doppler през аортната клапа.
6. От изследваните методи едноразмерната цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа има най-добро съотношение чувствителност-специфичност, при най-голяма площ под ROC-кривата, за наличие на патологичен индекс на миокардна производителност при класическия метод – пулсовата Doppler-ЕхоКГ.
7. Поради установените разлики между използваните методи, за оценка и последващ контрол на пациентите сравненията трябва да се правят с резултати, получени с използване на един и същ метод, който може да бъде едноразмерната цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа.

ПРИНОСИ

Оригинални приноси

1. Предложен е оригинален метод за оценка на левокамерната функция и измерване на левокамерните интервали, базиран на 1Р цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа, съчетаващ предимствата на цветната тъканна Doppler-ЕхоКГ и едноразмерната ЕхоКГ.
2. Определени са границите на патологичните стойности на индекса на миокардна производителност при този метод, предсказващи патологичен МРІ при пулсова Doppler-ЕхоКГ – класическия метод за оценката му.
3. Методът съчетава предимството на тъканната Doppler-ЕхоКГ (измерване на левокамерните интервали при един същ сърдечен цикъл, намаляващо отклоненията при измерванията) с предимствата на едноразмерната ЕхоКГ (висока разделителна способност във времето), като също така позволява директно отчитане на две основни точки за измерванията – моментите на отваряне и затваряне на аортната клапа, повишаващо точността на измерванията.
4. Доказва се, че измерването на левокамерните интервали с едноразмерна цветна Doppler-ЕхоКГ през аортната клапа може да се използва като алтернативен метод при фактори, затрудняващи използването на другите методи.
5. Предложеният метод намалява влиянието на субективния фактор при измерването на левокамерните интервали.
6. Поради факта, че изследването на левокамерните интервали е доказан метод за оценка на левокамерната функция и прогнозата при пациентите със ССЗ, предложеният модел е особено подходящ за проследяване на хода на заболяването и ефекта от лечението.
7. Методът е оценен както при здрави лица, така и при пациенти с артериална хипертония и ИБС, което прави възможно включването му в комплексния алгоритъм за проследяване на тези пациенти.

Потвърдителни приноси

1. Потвърдени са съобщаваните до момента данни за нормалните стойности на левокамерните интервали и индекса на миокардна производителност при пулсова Doppler-ЕхоКГ, пулсова тъканна Doppler-ЕхоКГ и едноразмерна цветна тъканна Doppler-ЕхоКГ през митралната клапа.
2. Потвърдени са разликите и корелациите между пулсовата Doppler-ЕхоКГ и пулсова тъканна Doppler-ЕхоКГ при оценката на левокамерните интервали и индекса на миокардна производителност.
3. Потвърдена е значимостта на левокамерните интервали и индекса на миокардна производителност при оценката на здравите лица, пациентите с артериална хипертония и болните с ИБС при отчитане с използваните за сравнение три метода.

ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

- Ivanov A., N. Runev, E. Manov, E. Levunlieva. A. Tacheva. Can myocardial performance index be measured by M-mode color tissue Doppler through the aortic valve (preliminary results). *Acta Medica Mediterranea* 2019, 2: 1051-1059
- Ivanov A., E. Levunlieva. Doppler estimation of pulmonary artery pressure. *Bulgarian Journal of Cardiology*, 2013, 2, 3: 84-100
- Ivanov A., E. Levunlieva. Echocardiographic estimation of left ventricular pressure. *Bulgarian Journal of Cardiology*, 2014, 3, 2: 48-64
- Ivanov A. Body mass, left ventricular hypertrophy, and diastolic function in hypertensive patients with preserved left ventricular ejection fraction. *Bulgarian Journal of Cardiology*, 2014, 4, 3: 138-147
- Иванов А., Н. Рунев, Е. Манов, Т. Донова. Показатели от пулсов и тъканен Доплер при пациенти с артериална хипертония. XIV-ти Национален конгрес по кардиология. Варна, к.к. Златни пясъци, 2-5.10.2014 г. (постер)