

ХЕМОДИНАМИЧНА ОЦЕНКА НА ВРОДЕНИ СЪРДЕЧНИ МАЛФОРМАЦИИ С ЛЯВО-ДЕСЕН ШЪНТ

А. Кънева

Клиника по детска кардиология, МБАЛ „Национална кардиологична болница“

HEMODYNAMIC ASSESSMENT OF CONGENITAL HEART MALFORMATIONS WITH LEFT TO RIGHT SHUNT

A. Kaneva

Clinic of Pediatric Cardiology, MHAT “National Heart Hospital” –LTD

- Резюме.** Сърдечната катетеризация с директни измервания на налягане и сатурация в сърдечните кухини и големи съдове и изчисление на системен и белодробен кръвоток, на белодробна и системна резистентност и реактивността на белодробните съдове са златния стандарт за оценка на хемодинамиката на вродените сърдечни малформации (ВСМ) с ляво-десен шънт както при деца, така и при възрастни и са база за определяне на показанията за оперативно или интервенционално лечение. Оценката на кръвотока по Fick и резистентността по закона на Ом са теоретичната основа на хемодинамичните изчисления. Представени са последователно стъпките при оценка на хемодинамиката при пациент с ляво-десен шънт: отношение на белодробен към системен кръвоток, изчисление на белодробна съдова резистентност (БСР) при данни за белодробна хипертония (БХ) и оценка на реактивността на белодробните съдове и тяхното клинично значение. Специално внимание е отделено на оценката хемодинамиката и показанията за затваряне при пациенти в напреднала възраст с междупредсърден дефект (МПД) и левокамерна дисфункция. Представени са ограниченията и източниците на грешки при хемодинамичните изчисления.
- Ключови думи:** вродена сърдечна малформация, белодробен кръвоток, белодробна съдова резистентност, белодробна хипертония, междупредсърден дефект
- Адрес за кореспонденция:** д-р Анна Иванова Кънева, Клиника по детска кардиология, МБАЛ „НКБ“, ул. „Коньовица“ № 65, 1305 София, e-mail: kaneva_anna@abv.bg, тел. 029201471

-
- Abstract.** Cardiac catheterization with direct measurements of pressure and saturation in cardiac chambers and great vessels and calculation of systemic and pulmonary blood flow, pulmonary and systemic resistance, and pulmonary vascular reactivity are the gold standard for assessing the hemodynamics of congenital heart malformations with a left to right shunt in both children and adults. They are the basis for determining the indications for surgical or interventional treatment. Assessment of the blood flow according to Fick's principle and the resistance according to Ohm's law are the theoretical basis of hemodynamic calculations. The steps in assessing hemodynamics in a patient with a left-to-right shunt are presented consequently: pulmonary to systemic blood flow ratio, calculation of pulmonary vascular resistance (PVR) in case of pulmonary hypertension (PHy), and assessment of pulmonary vascular reactivity and their clinical significance as well. Special attention is paid to the assessment of hemodynamics and indications for closure in elderly patients with atrial septal defect (ASD) and left ventricular dysfunction. The limitations and sources of errors in hemodynamic calculations are presented.
- Key words:** congenital heart malformation, pulmonary blood flow, pulmonary vascular resistance, atrial septal defect
- Address for correspondence:** Anna Ivanova Kaneva, Clinic of Pediatric Cardiology, MHAT “National Heart Hospital” – LTD, 65 Konjovitz str, BG – 1309 Sofia, e-mail: kaneva_anna@abv.bg, 029201471

Вродените сърдечни малформации (ВСМ) с ляво-десен шънт съставляват около 50% от вродените кардиопатии при деца и са най-честите нативни лезии, с които се срещат кардиолозите при пациенти над 18-годишна възраст. Те включват междупредсърден дефект (МПД), междукамерен дефект (МКД), персистиращ артериален канал (ПАК), атриовентрикуларен септален дефект (АВСД), аорто-пулмонална фенестрация. Разнообразната естествена еволюция, от минимален, незначим, през хемодинамично значим шънт до развитие на тежка белодробна артериална хипертония (БАХ) с висока белодробна съдова резистентност (БСР) и синдром на Eisenmenger, изискват прецизна оценка на хемодинамичната значимост на кардиопатията, реактивността на белодробните съдове и определяне на терапевтичното поведение. Сърдечната катетеризация с директни измервания на налягане, сатурация и изчисление на кръвоток, резистентност и реактивност на белодробните съдове са златния стандарт за оценка на хемодинамиката на ВСМ както при деца [1], така и при възрастни и са отразени в последните препоръки за поведение при възрастни с ВСМ на Европейското и на Американското кардиологично дружество [2, 3]. Инвазивните хемодинамични измервания и изчисления се прилагат и при редица комплексни ВСМ, протичащи с БАХ, като дясна камера с двоен изход, общ артериален ствол, транспозиционни синдроми с междукамерен дефект, обща камера и други.

Независимо от факта, че в съвременните катетеризационни лаборатории, голяма част от изчисленията са въведени в програмите за разчитане и са автоматизирани, от изключително значение е детският кардиолог и кардиологът да познават основата на тези изчисления, ограниченията, подводните камъни и източниците на грешки. По този начин получените резултати могат точно да се интерпретират, да се вземат правилни решения и да се избягват неподходящи или потенциално опасни решения.

ПЛАНИРАНЕ НА ПРОЦЕДУРАТА И ТЕХНИЧЕСКИ СЪОБРАЖЕНИЯ

Преди влизането в катетеризационната зала трябва да е събрана цялата налична медицинска информация и да е извършена актуална неинвазивна оценка (най-често с ехокардиография). Планът на изследването трябва да е ясен – какво се търси, как да се получат и интерпретират резултатите. Във всички случаи пациентът трябва да е в стабилно състояние. Достъпът до сърцето става с дясна сърдечна катетеризация и не винаги при ВСМ е дължителна лява катетеризация, тъй като септал-

ните дефекти позволяват достъп до левите кухини. Измерванията се правят в базални условия. При необходимост се извършват вазореактивни тестове. Хемодинамиката на ВСМ се сравнява с пълзел – стойностите трябва да съответства една с друга. При измерване на налягане в сърдечните кухини особено внимание се отделя на точното нулиране на системата [4].

ОЦЕНКА НА ШЪНТ, КРЪВОТОК И РЕЗИСТЕНТНОСТ

Комуникацията между двете части на сърцето или между аорта (Ао) и белодробна артерия (БА) при пациентите с ВСМ е причина за абнормен кръвоток (шънт). При шънтовете лезии могат да се направят изчисления на ляво-десен шънт, дясно-ляв шънт, ефективен белодробен кръвоток. От практическа гледна точка изчислението на **отношението белодробен/системен кръвоток (Qp/Qs)** осигурява проста и надеждна оценка на степента, с която е увеличен или намален белодробния кръвоток и позволява в повечето случаи вникване в тежестта на хемодинамичното нарушение. Формулата е базирана на принципа на Fick, но като се направят математическите съкращения, в изчислението влизат само сатурациите в Ао, БА, белодробни вени (БВ) и смесена венозна кръв (СВК) [5]. Приемаме, че поемането на кислород в белия дроб и кислородната консумация в останалата част на тялото са еднакви.

$$Qp/Qs = \frac{\text{Сат. Ао} - \text{Сат. СВК}}{\text{Сат. БВ} - \text{Сат. БА}}$$

Изчисляването е лесно и може да се направи в катетеризационната зала, когато са взети проби от венозната и артериалната част на малкото и голямото кръвообращение. Изследването в катетеризационната зала на сатурацията в Ао и БА е рутинно. Когато предсърдната преграда е интактна и не е възможно директно измерване на сатурация в БВ, при липса на дясно-ляв шънт, като стойност за сатурацията в БВ се взема 95% (или сатурацията в аортата). Има няколко начина за измерване на сатурацията в СВК: вземане на пробата високо в дисталните части на вена иномината или проби от горна празна вена (ГПВ) и долна празна вена (ДПВ) като СВК се изчислява по формулата $(3 \text{ ГПВ} + \text{ДПВ})/4$. Необходимо е кръвта от ДПВ да се вземе близо до диафрагмата, за да се отчете чернодробната венозна сатурацията. Нормалната сатурация в СВК е между 60 и 70%, сатурация под 50% е израз на нисък, а под 40% на критично нисък сърдечен дебит, а над 70% израз на сепсис (септичен шок).

Интерпретация на резултата: Ляво-десният шънт е хемодинамично незначим при Qp/Qs под 1,5, хемодинамично значим при Qp/Qs над 1,5 и голям при Qp/Qs над 2. При неповишено налягане в БА, измерването на отношението системен/белодробен кръвоток е достатъчно за вземане на решение за хирургична корекция или интервенционална процедура.

Източници на грешки:

- Неточно определяне на сатурация в СВК
- Вземане на кръвните проби при дишане на кислород над 30%.

СИСТЕМЕН ДЕБИТ И БЕЛОДРОБЕН КРЪВОТОК

В много случаи при пациенти с ВСМ с ляво-десен шънт е необходимо изследване на системния дебит и белодробен кръвоток. Те се базират на принципа на Fick. През 1870 г. Adolph Fick описва метод за изчисляване на кръвотока. Той никога не тества метода, но физиолозите по-късно го правят и методът на Fick остава най-важното средство за оценка на сърдечните дебити и изчисления в катетеризационната лаборатория при пациент с ВСМ. **Принципът на Fick** гласи, че **общото поемане (или отдаване) на дадена субстанция от орган зависи от кръвотока към органа и артерио-венозната разлика в концентрацията на субстанцията.**

$$VO = CO \times (Ca - Cv)$$

т.е ако знаем консумацията на субстанцията (VO) и артерио-венозната разлика в концентрацията ѝ (Ca – Cv), можем да изчислим кръвотока (CO). При хемодинамичните изследвания субстанцията,

която се използва, е кислородът, а преносителят – хемоглобин, и формулата добива следния вид:

$$CO (Q) = \frac{VO_2}{(Ca - Cv)}$$

където CO (Q) е сърдечният дебит, VO₂ – кислородната консумация, Ca – кислородно съдържание в артерия, и Cv – кислородно съдържание във вена.

В сърцето без комуникация между кухините системният и белодробният кръвоток са равни и е достатъчно изчислението на системния дебит. При ВСМ обаче е задължително изчисляване поотделно на системен (Qs) и белодробен (Qp) кръвоток.

$$Qp = \frac{VO_2}{\text{разлика в кислородно съдържание БВ-БА}}$$

$$Qs = \frac{VO_2}{\text{разлика в кислородно съдържание Ао-СВК}}$$

Измерването на сърдечния дебит и белодробния кръвоток по метода на Fick на практика се базира на множество допускания, които трябва да се имат пред вид при получаване и интерпретиране на резултатите. Един от потенциалните проблеми и потенциален източник на грешка е измерването на **кислородната консумация (VO₂)**. Директното измерване на кислородната консумация в катетеризационната зала изисква сложна апаратура и на практика се прави само за целите на научни проекти. В ежедневната практиката се използват номограми, базирани на пол, възраст и сърдечна честота (фиг. 1 и 2) [6].

Oxygen Consumption per Body Surface Area*

Age (yr)	Heart Rate (beats/min)												
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Male Patients													
3				155	159	163	167	171	175	178	182	186	190
4			149	152	156	160	163	168	171	175	179	182	186
6		141	144	148	151	155	159	162	167	171	174	178	181
8		136	141	145	148	152	156	159	163	167	171	175	178
10	130	134	139	142	146	149	153	157	160	165	169	172	176
12	128	132	136	140	144	147	151	155	158	162	167	170	174
14	127	130	134	137	142	146	149	153	157	160	165	169	172
16	125	129	132	136	141	144	148	152	155	159	162	167	
18	124	127	131	135	139	143	147	150	154	157	161	166	
20	123	126	130	134	137	142	145	149	153	156	160	165	
25	120	124	127	131	135	139	143	147	150	154	157		
30	118	122	125	129	133	136	141	145	148	152	155		
35	116	120	124	127	131	135	139	143	147	150			
40	115	119	122	126	130	133	137	141	145	149			

*In (mL/min)/m². From LaFarge CG, Miettinen OS: The estimation of oxygen consumption. *Cardiovasc Res* 4:23, 1970. Taken from Park, MK: *Pediatric Cardiology for Practitioners*, 4th ed. Copyright © 2002 Mosby, Inc.

Фиг. 1. Номограма за определяне на кислородната сатурация при мъже

Oxygen Consumption per Body Surface Area*

Age (yr)	Heart Rate (beats/min)												
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Female Patients													
3				150	153	157	161	165	169	172	176	180	183
4			141	145	149	152	156	159	163	168	171	175	179
6		130	134	137	142	146	149	153	156	160	165	168	172
8		125	129	133	136	141	144	148	152	155	159	163	167
10	118	122	125	129	133	136	141	144	148	152	155	159	163
12	115	119	122	126	130	133	137	141	145	149	152	156	160
14	112	116	120	123	127	131	134	133	143	146	150	153	157
16	109	114	118	121	125	128	132	136	140	144	148	151	
18	107	111	116	119	123	127	130	134	137	142	146	149	
20	106	109	114	118	121	125	128	132	136	140	144	148	
25	102	106	109	114	118	121	125	128	132	136	140		
30	99	103	106	110	115	118	122	125	129	133	136		
35	97	100	104	107	111	116	119	123	127	130			
50	94	98	102	105	109	112	117	121	124	128			

*In (mL/min)/m². From LaFarge CG, Miettinen OS: The estimation of oxygen consumption. *Cardiovasc Res* 4:23, 1970. Taken from Park, MK: *Pediatric Cardiology for Practitioners*, 4th ed. Copyright © 2002 Mosby, Inc.

Фиг. 2. Номограма за измерване на кислородната консумация при жени

В съвременните програми за компютърно изчисляване на кислородна консумация най-често се въвежда формула на LaFarge-Miettinen.

$VO_2/BSA = (138.1 - 17.04 \times \ln(\text{age}) + 0.378 \times \text{HR}) / BSA$ (mL/min)/m² (жени)

и $VO_2/BSA = (138.1 - 11.49 \times \ln(\text{age}) + 0.378 \times \text{HR}) / BSA$ (mL/min)/m² (мъже), където възрастта е в години и сърдечната честота в удари за минута.

Като цяло кислородното консумация е около 180 ml/min/m² при малки деца (2-3 години) и спада до 100 ml/min/m² при възрастни жени. Мъжете имат с по 10-20% по-висока консумация от жените и тахикардията над 150 уд./min води до увеличаване на консумацията с 10% при сравнение със СЧ 120 уд./min или по-ниска [5].

Кислородно съдържание в кръвта

Определянето на кислородното съдържание в кръвта е от основно значение за изчисление на кръвотока. Кислородът в кръвта съществува в две форми: свързан с хемоглобина и разтворен в плазмата. Кислородното съдържание трябва да се определи за всяка кръвна проба по формулата:

C (ml O₂ на dl плазма) = свързан с Хб + разтворен в плазма = [(1,36 x Хб) x сатурация O₂] + (pO₂ x 0,03).

1,36 е коефициентът на кислород-свързващия капацитет, т.е. максималният обем кислород, който може да бъде пренесен от хемоглобина при 100% насищане. Това се изчислява като: Hb (g/l) x 1,36. Сатурацията се изразява като част от цяло (напр. при 96% сатурацията е 0,96), pO₂ представлява парциалното налягане на кислорода от изследваната проба, а умножено по коефициентът 0,03 представя разтворения в плазмата кислород в mm Hg/L.

В базални условия (дишане на атмосферен въздух) количеството на разтворения в плазмата кислород е пренебрежимо малко (< 1,5 %) и на практика не се взема под внимание.

Изчисляването на белодробната резистентност и оценката на белодробната реактивност са от основно значение при оценката на хемодинамичната значимост на ВСМ. Изследването на резистентността се базира на закона на Ом, определящ зависимостта между напрежението, тока и съпротивлението в електрическа верига. Законът гласи, че токът е обратнопропорционален на съпротивлението, което трябва да се преодолява и е право пропорционален на пораждащото го налягане. При положение, че имаме измерено налягане (P) и изчислен кръвоток (Q), можем да изчислим резистентността (R) т.е. $R = \Delta P/Q$

Белодробната съдова резистентност (БСР, или R_p) е равна на разликите в средното налягане в белодробната артерия (БА) минус средното налягане в лявото предсърдие (ЛП) върху белодробния кръвоток и се измерва в mm Hg/l/min или единици по Wood (WU)

$$БСР (R_p) = \frac{\text{средно налягане БА} - \text{средно налягане ЛП}}{Q_p} \quad (WU)$$

Системната съдова резистентност (ССР или R_s) е равна на разликите в средното налягане в Ао минус средното налягане в дясното предсърдие (ДП) върху системния кръвоток:

$$ССР (R_s) = \frac{\text{средно налягане Ао} - \text{средно налягане ДП}}{Q_s} \quad (WU)$$

Така за изчисление на БСР са необходими инвазивно измерени средни налягания в БА и ЛП. При липса на директно измерване на налягане в ЛП се взема пулмокапиллярно налягане (ПКН), или теледиастолно налягане в ЛК или стойността + 8 mm Hg. За **детската възраст** е необходимо **индексиране** на стойностите за телесна повърхност, като намерената стойност се умножава по телесната повърхност. **Нормалната Rp е под 3 WU за възрастни и Rpi за деца на възраст над 3 месеца е под 3 WU x m².**

От особено значение за изчислението на БСР е стабилното състояние на пациента, тъй като ацидозата и хиперкапнията могат да доведат до ятрогенна вазоконстрикция и фалшивоположителни резултати. Затова при хемодинамично нестабилни пациенти е необходимо да се изследват рН и рСО₂ от кръвногазов анализ (КГА).

Оценката на **белодробната съдова реактивност** е от съществено значение при оценката на хемодинамиката при ВСМ с ляво-десен шънт и намиране на повишено Rp при дишане на атмосферен въздух.

В естествената еволюция на ВСМ с ляво-десен шънт, увеличеният белодробен кръвоток води до развитие на ендотелна дисфункция и съдово ремоделиране, при което се увеличава БСР. При напредване на промените шънтът става двупосочен (бидирекционен) до дясно-ляв с цианоза и развитие на белодробна обструктивна съдова болест (БОСБ), синдром на Eisenmenger. Значимостта на повишените нива на БСР зависят от възрастта на пациента и вида на ВСМ. Темповете за развитието на БОСБ зависят до голяма степен от вида на кардиопатията. В кърмаческа възраст те са бързи, преди 6-месечна възраст, при сложни, комплексни ВСМ като обща камера, общ артериален ствол, аорто-пулмонална фистула, пълен АВСД, транспозиционни синдроми или ВСМ, при тризомия 21 (синдром на Даун). При пациентите с МКД или ПАК необратимите съдови промени настъпват след 2-годишна възраст, а при тези с МПД като възрастни. За детската възраст стойности на БСР под 4 WU x m² се приемат за операбилни, над 8 WU x m² за неоперабилни, а в случаите между 4-8 WU x m² се налага допълнителна преценка в третичен център [7]. Във всички случаи стойности над 6 WU x m² са тревожни при дете над 1 година, а стойности над 10 WU x m² са злокобни [5]. В препоръките за поведение при възрастни с ВСМ на *Европейското кардиологично дружество* [2] като граница е заложена стойност 5 WU, при която трябва да се проведат тестове за оценка на реактивност или да се назначи таргетна терапия с белодробен вазодилататор и преоценка на операбилността при наличие на значим шънт.

Сърдечната катетеризация е златен стандарт **в оценката на белодробната вазореактивност.**

Като белодробни вазодилататори се използват кислород, азотен окис (NO), вазоактивни медикаменти (iloprost). Целта е да се постигне максимална вазодилатация. Поради липса на венозен iloprost (eprostenol) протоколът за изследване на белодробна реактивност у нас включва:

- Измервания в базални условия на налягане и сатурация
- Измервания след 10 минути 100% кислород
- Измервания след 10 минути 100% кислород и 80 ppm NO.

Както бе подчертано по-горе, ацидозата и хиперкапнията могат да компрометират резултатите. Затова пациентите трябва да са в стабилно състояние, по преценка да се изследва КГА и при отклонения, ацидоза и хиперкапния – да се коригират.

При изчисляване на Qp при вдишване на 100% кислород във формулата трябва да се включи кислородът, разтворен в плазмата. При кислородна проба сатурациите в белодробните артериоли и вени могат да се повишат до супернормални стойности. Това води до значително количество кислород, което се пренася разтворено в плазмата в допълнение към свързаното с хемоглобина. Докато при дишане на атмосферен въздух максималната стойност от 1,5-3% може да се пренебрегне, при 100% кислород, пренебрегването на разтворения в плазмата кислород може да доведе до надценяване на белодробния кръвоток и подценяване на БСР. Изчисляването на разтворения в плазмата кислород се получава, като парциалното налягане на кислорода от КГА се умножи по 0,03 и се получава обемът разтворен кислород в литър. От практическа гледна точка това означава, да се изследва КГА в кръвните проби, а да не се разчита само на спектроскопски изследваната сатурация.

Формулата, която се използва при оценка на белодробната реактивност, е:

$$Rp = \frac{\text{mean PAP} - \text{mean LAP}}{(1,36 \times X6) \times SO_2 + pO_2 \times 0,03}$$

Интерпретация на резултатите, обратимост на промените и операбилност на ВСМ с ляво-десен шънт.

Интерпретацията на резултатите трябва да се прави при използване на максимален брой получени резултати и индекси: Qp/Qs, Rpi, Rp/Rs. В детската кардиология общоприети критерии за операбилност при базални условия при пациенти с двукамерна циркулация и значим шънт (Qp/Qs > 1,5) са Rpi < 6 WU x m² и отношение белодробна/системна резистентност (Rp/Rs) под 0,3. Случаите с Rpi над 6 WU x m² и Rp/Rs над 0,3-0,5 подлежат на вазореактивни тестове. БХ се счита за реактивна, когато след извършените вазо-

реактивни тестове са налице всичките критерии: 20% спад на R_pi; 20% спад на R_p/R_s; спад на R_pi под 6 WU x m²; спад на R_p/R_s под 0,3. Операбилни при висок риск са случаите с отношение R_p/R_s между 0,5-0,75, а отношението R_p/R_s над 0,75 е противопоказание за извършване на коригираща операция. Приема се, че обратимостта на промените в белодробните съдове може да достигне до стойностите, получени при вазореактивните тестове като нормалните нива могат да не бъдат постигнати [5]. В този смисъл времето за коригираща хирургична намеса е критично за избягване на необратимите промени в белодробното артериално дърво. Пациентите с посттрикуспидален шънт (МКД, ПАК) и коригираща хирургия в първите месеци на живота обикновено имат нормална БСР в рамките на 1 година [7]. Ако операцията се отложи за по-късно в детството (след 2-годишна възраст), БСР може да спадне след операцията, но нормалните нива може да не бъдат постигнати [8]. Възстановяването на интракардиална лезия в присъствието на установена БАХ може да ускори прогресията на заболяването и началото на деснокамерна недостатъчност [9]. Това предполага, че може да има „точка без обратно връщане“, когато промените в белодробните съдове са напреднали отвъд стадия, при който е възможна пълна или частична обратимост, въпреки корекцията на кардиопатията. За възрастни с ВСМ, най-често с претрикуспидален шънт (МПД) се препоръчва таргетна терапия на БХ при стойности над 5 WU при сърдечната катетеризация и контролно изследване на хемодинамичните показатели в по-късен етап [2, 10].

Източници на грешки са използването на множество „допускания“ – на кислородна консумация, на налягане и сатурация в БВ при липса на директно измерване, вземане на пробите при пациент в нестабилно състояние с ацидоза и хиперкапнея, неточно отчитане на сатурация в СВК, изключване на разтвори в плазмата кислород от формулата за изчисление на Q_r с получаване на фалшиво негативни резултати при пробите за белодробна вазореактивност.

Оценка на хемодинамиката при възрастни с МПД, планирани за транскатетърно затваряне на дефекта

Особен интерес представляват възрастните с нарушена диастолна функция на лява камера, при които наличието на комуникация на предсърдно ниво служи като вентил и води до обременяване на ДК, като често намирането на МПД е случайна находка. Във всеки случай трябва да се реши дали, кога и как да се затвори дефектът, как да се извърши проследяването, каква е еволюцията след затварянето. При хора в напреднала възраст се препоръчва оценка на левокамерната функция [2]. Технически това се прави с поставяне на втори катетър във феморална вена и временна балонна оклузия на

МПД за 10 минути при измерване на ПКН [11]. При повишаване на ПКН над 18 mm Hg или с над 5 mm Hg от изходните стойности, процедурата се отлага. Пациентът се кондиционира за минимум 48-72 часа с диуретик и кардиотоник, антихипертензивна терапия и др. след което хемодинамичното изследване се повтаря. При персистиране на данни за нарушена ЛК диастолна функция, при критично повишаване на ПКН, процедурата се отменя [11, 12].

В заключение, прецизното изследване на хемодинамиката със спазване на правилата и отчитане на „слабите места“ при ВСМ във всяка възраст са залог за правилна интерпретация и вземане на точни и навременни терапевтични решения.

Не е деклариран конфликт на интереси

Библиография

1. Feltes T F, Bacha E, Beekman III RH, et al. Indications for Cardiac Catheterization and Intervention in pediatric cardiac disease. A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2011;123:2607-2652. DOI: 10.1161/CIR.0b013e31821b1f10
2. Baumgartner H, De Backer J, Babu-Narayan SV, et al. 2020 ESC Guidelines for the management of adult congenital heart disease. The Task Force for the management of adult congenital heart disease of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* (2020) 00, 1-83; doi:10.1093/eurheartj/ehaa554
3. Stout KK, Daniels CJ, et al. 2018 AHA/ACC Guideline for the management of adults with congenital heart disease: Executive Summary. *JACC*, 2019. 73: 1494-563.
4. Congenital heart disease the catheterization manual. Eds. Bergersen L, Foerster S, Marshall AC, Meadows J. Springer Science+Business Media, LLC 2009: 5-11.
5. Wilkinson J. Hemodynamic calculations in the catheter laboratory *Heart* 2001;85:113-120.
6. Park M. *Pediatric cardiology for practitioners* 4th ed. Mosby 2002.
7. Rosenzweig EB, Abman SH, Adatia I, et al. Paediatric pulmonary arterial hypertension: updates on definition, classification, diagnostics and management. *Eur Respir J* 2019; 53: 1801916 [https://doi.org/10.1183/13993003.01916-2018]
8. Haworth SG. Pulmonary hypertension in the young. *Heart* 2002; 88: 658-664.
9. Dimopoulos K, Peset A, Gatzoulis MA. Evaluating operability in adults with congenital heart disease and the role of pretreatment with targeted pulmonary arterial hypertension therapy. *Int J Cardiol.* 2008;129(2):163-71. https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2008.02.004.
10. Galiè N, Humbert M, Vachiery J-L, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: the Joint Task Force for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS) endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Respir J.* 2015; 46(4):903-75. https://doi.org/10.1183/13993003.01032-2015.
11. Ewert P, Berger F, Naghyman N, et al. Masked left ventricular restriction in elderly patients with atrial septal defect: a contraindication for closure? *Cathet Cardiovasc Interv* 2001;52:177-180.
12. Schubert S, Peters B, Abdul-Khaliq H, et al. Left ventricular conditioning in the elderly patients to prevent congestive heart failure after transcatheter closure of atrial septal defect. *Cathet Cardiovasc Interv* 2005;64:333-337.