

ESENȚIALUL ÎN

CARDIOLOGIA PEDIATRICĂ

Ediție revizuită și adăugită

Sub redacția

CONF. DR. ELIZA CINTEZĂ

Medic primar Pediatrie și Cardiologie Pediatrică

DR. ALIN NICOLESCU

Medic primar Cardiologie



11	Prefață
12	ABREVIERI

I. NOȚIUNI DE BAZĂ ÎN CARDIOLOGIA PEDIATRICĂ

16	CAP. 1	ANATOMIA INIMII <i>Irina MĂRGĂRINT</i>
23	CAP. 2	FIZIOLOGIA APARATULUI CARDIOVASCULAR <i>Dan ȘTEFAN</i>
33	CAP. 3	EMBRIOLOGIA CORDULUI ȘI A VASELOR DE SÂNGE <i>Cecilia LAZEA</i>
41	CAP. 4	NOȚIUNI DE GENETICĂ ÎN CARDIOLOGIA PEDIATRICĂ <i>Vasilica PLĂIAȘU</i>
50	CAP. 5	ANOMALII DE SITUS. IZOMERISM <i>Liliana GOZAR</i>
55	CAP. 6	ANALIZA SEGMENTARĂ SECVENȚIALĂ <i>Dan ȘTEFAN, Eliza CİNTEZĂ</i>

II. METODE DE DIAGNOSTIC ÎN CARDIOLOGIA PEDIATRICĂ

62	CAP. 7	SEMILOGIA PEDIATRICĂ CARDIOVASCULARĂ <i>Georgiana-Mihaela CĂPITĂNESCU, Ileana-Ștefania PURUȘNIUC</i>
87	CAP. 8	ELECTROCARDIOGRAMA <i>Mircea CİNTEZĂ, Eliza CİNTEZĂ</i>
112	CAP. 9	ECOCARDIOGRAFIA – PRINCIPIILE ULTRASUNETELOR, EXAMINAREA BIDIMENSIONALĂ, MOD M, DOPPLER COLOR ȘI SPECTRAL. TISSUE DOPPLER. EVALUAREA FUNCȚIEI CARDIACE. <i>Ioan Mircea COMAN, Teodora RADU</i>
124	CAP. 10	EVALUAREA ECOCARDIOGRAFICĂ LA COPIL <i>Eliza CİNTEZĂ, Dan ȘTEFAN</i>
141	CAP. 11	ALTE TEHNICI IMAGISTICE ÎN CARDIOLOGIA PEDIATRICĂ (RADIOLOGIE, TOMOGRAFIA COMPUTERIZATĂ CARDIACĂ, REZONANȚA MAGNETICĂ CARDIACĂ) <i>Veronica MARCU</i>
155	CAP. 12	CARDIOLOGIA INVAZIVĂ (TEHNICI, INDICAȚII, INCIDENTE, PREGĂTIREA PACIENTULUI, MANAGEMENT, CURBE DE PRESIUNE, CALCULE HEMODINAMICE) <i>Anca SGLIMBEA</i>
166	CAP. 13	STUDIUL ELECTROFIZIOLOGIC INVAZIV ȘI STIMULAREA CARDIACĂ TEMPORARĂ <i>Adrian Cosmin GORA, Radu VĂȚĂȘESCU</i>

III. BOLI CONGENITALE CARDIACE CU ȘUNT

- | | | |
|-----|----------------|---|
| 174 | CAP. 14 | DEFECTUL SEPTAL ATRIAL
<i>Eliza CINTEZĂ</i> |
| 183 | CAP. 15 | DEFECTUL SEPTAL ATRIOVENTRICULAR
<i>Simona OPRIȚĂ</i> |
| 192 | CAP. 16 | DEFECTUL SEPTAL VENTRICULAR
<i>Dan ȘTEFAN, Eliza CINTEZĂ</i> |
| 201 | CAP. 17 | PERSISTENȚA CANALULUI ARTERIAL
<i>Anca SGLIMBEA</i> |
| 211 | CAP. 18 | FEREAȘTRA AORTOPULMONARĂ
<i>Adrian LĂCĂTUȘU</i> |

IV. LEZIUNI CARDIACE OBSTRUCTIVE

- | | | |
|-----|----------------|--|
| 218 | CAP. 19 | STENOZA PULMONARĂ
<i>Anca SGLIMBEA</i> |
| 227 | CAP. 20 | ANOMALIILE CONGENITALE ALE VALVEI AORTICE ȘI ALE TRACTULUI DE
EJECȚIE AL VENTRICULULUI STÂNG
<i>Henning CLAUSEN, Petru LIUBA</i> |
| 234 | CAP. 21 | COR TRIATRIATUM. AFECTAREA CONGENITALĂ A VALVEI MITRALE
<i>Andreea ANDRONACHE</i> |

V. BOLI CONGENITALE CIANOGENE

- | | | |
|-----|----------------|---|
| 246 | CAP. 22 | TETRALOGIA FALLOT
<i>Alin NICOLESCU</i> |
| 253 | CAP. 23 | VENTRICULUL DREPT CU DUBLĂ CALE DE IEȘIRE
<i>Iolanda MUNTEAN</i> |
| 261 | CAP. 24 | ATREZIA PULMONARĂ CU SEPT INTERVENTRICULAR INTACT
<i>Petru LIUBA, Eliza CINTEZĂ</i> |
| 267 | CAP. 25 | TRANSPOZIȚIA MARILOR VASE
<i>Angelo Fabio D'AIELLO, Eliza CINTEZĂ, Cosmin GORA, Mariam AMMOURI, Diana NEGURĂ</i> |
| 273 | CAP. 26 | VENTRICULUL UNIC. ATREZIA TRICUSPIDIANĂ
<i>Amalia FĂGĂRĂȘAN</i> |
| 278 | CAP. 27 | SINDROMUL DE CORD STÂNG HIPOPLAZIC
<i>Angelo Fabio D'AIELLO, Eliza CINTEZA, Andrei BORCAN, Diana NEGURĂ</i> |
| 282 | CAP. 28 | TRUNCHIUL ARTERIAL COMUN
<i>Eliza CINTEZĂ, Tammam YOUSSEF</i> |
| 290 | CAP. 29 | TRANSPOZIȚIA MARILOR VASE CORECTATĂ ANATOMIC
<i>Angelo Fabio D'AIELLO, Eliza CINTEZĂ, Diana NEGURĂ</i> |

VI. ANOMALII VASCULARE

- 304 **CAP. 31** ANOMALIILE DE ÎNTOARCERE VENOASĂ SISTEMICĂ ȘI PULMONARĂ PARTIALĂ
Cristiana VOICU, Eliza CİNTEZĂ
- 314 **CAP. 32** ANOMALIILE TOTALE DE ÎNTOARCERE VENOASĂ PULMONARĂ
Amalia FĂGĂRĂȘAN
- 320 **CAP. 33** ANOMALIILE ARTERELOR CORONARE (ALCAPA, FISTULE CORONARIENE)
Iolanda MUNTEAN
- 327 **CAP. 34** COARCTAȚIA DE AORTĂ
Eliza CİNTEZĂ, Cristiana VOICU, Hiyam MAHMOUD
- 336 **CAP. 35** ARCUL AORTIC ÎNTRERUPT
Iolanda MUNTEAN
- 340 **CAP. 36** INELE VASCULARE ȘI SLING PULMONAR
Gabriela DOROȘ, Andrada-Mara MICȘESCU OLAH
- 347 **CAP. 37** FISTULELE ARTERIOVENOASE
Alexandru POPESCU, Irina MĂRGĂRINT

VII. BOLI CARDIACE DOBÂNDITE

- 354 **CAP. 38** MIOCARDITA
Alina LUCA, Ioana Alexandra PĂDUREȚ
- 361 **CAP. 39** PERICARDITELE
Eliza CİNTEZĂ, Dan ȘTEFAN
- 369 **CAP. 40** ENDOCARDITA INFECȚIOASĂ
Eliza CİNTEZĂ
- 376 **CAP. 41** CARDIOMIOPATIILE
Anca POPOIU
- 384 **CAP. 42** TUMORILE CARDIACE
Alexandru DIMITRIU, Lavinia DIMITRIU
- 394 **CAP. 43** BOALA KAWASAKI ȘI BOALA KAWASAKI-LIKE
Gabriela DOROȘ
- 402 **CAP. 44** REUMATISMUL ARTICULAR ACUT
Angela BUTNARIU
- 408 **CAP. 45** HIPERTENSIUNEA ARTERIALĂ SISTEMICĂ
Eliza CİNTEZĂ, Cosmin GRIGORE
- 419 **CAP. 46** FACTORII DE RISC CARDIOVASCULAR
Carmen-Cristina OLTEANU

- 432 **CAP. 47** | HIPERTENSIUNEA PULMONARĂ
Ioana GHIORGHIU
- 437 **CAP. 48** | AFECTAREA CARDIACĂ ÎN BOLILE EXTRACARDIACE
Mihaela RUSU, Gabriela GANEA, Alexandra-Timea BUMB, Georgiana NICOLAE, Cristina FILIP
- 448 **CAP. 49** | HEMANGIOAMELE ȘI ALTE TUMORI VASCULARE
Alina OPRESCU

VIII. PROBLEME DE ARITMOLOGIE PEDIATRICĂ

- 456 **CAP. 50** | TAHIARITMIILE
Cristina FILIP
- 477 **CAP. 51** | BRADIARITMIILE ȘI TULBURĂRILE DE CONDUCERE
Cristina FILIP
- 488 **CAP. 52** | SINCOPA
Cristina RĂDULESCU
- 494 **CAP. 53** | MOARTEA SUBITĂ CARDIACĂ
Anca POPOIU

IX. PROBLEME DE TERAPIE INTENSIVĂ CARDIACĂ PEDIATRICĂ

- 502 **CAP. 54** | INSUFICIENȚA CARDIACĂ CRONICĂ ȘI TRATAMENTUL DE SUPORT MECANIC CARDIAC
Ioana GHIORGHIU
- 508 **CAP. 55** | TERAPIA INTENSIVĂ CARDIACĂ PEDIATRICĂ
Monica POPESCU, Mihnea IONIȚĂ
- 513 **CAP. 56** | ȘOCUL ȘI DISFUNȚIA ORGANICĂ MULTIPLĂ
Adelina CĂRĂBAȘ, Daniela Gabriela SAFTA BESCHIERU
- 518 **CAP. 57** | TRANSPLANTUL CARDIAC PEDIATRIC
Horățiu SUCIU, Marius HARPA, Claudiu GHIRAGOSIAN, Hussam AL-HUSSEIN, Alexandra STOICA

X. VARIA

- 528 **CAP. 58** | MEDICINA SPORTIVĂ CARDIOVASCULARĂ
Cristina RĂDULESCU
- 534 **CAP. 59** | SARCINA ȘI BOLILE CARDIOVASCULARE
Ana Maria RĂDULESCU, Ilinca GUSSI, Ruxandra JURCUȚ
- 548 **CAP. 60** | TRANZIȚIA DE LA COPIL LA ADULTUL CU BOALĂ CONGENITALĂ CARDIACĂ
Ioan Mircea COMAN, Roxana ENACHE
- 557 | INDEX DE BOLI, SEMNE ȘI SIMPTOME

1. NOȚIUNI GENERALE
2. PERICARDUL
3. ANATOMIA INIMII
 - 3.1. Atriu drept morfologic
 - 3.2. Atriu stâng morfologic
 - 3.3. Ventriculul drept morfologic
 - 3.4. Ventriculul stâng morfologic
 - 3.5. Septul interventricular
 - 3.6. Valvele atrioventriculare
 - 3.7. Valvele arteriale
4. CIRCULAȚIA CORONARIANĂ
5. SISTEMUL DE CONDUCERE

1.1. NOȚIUNI GENERALE

Inima reprezintă un organ cavitat localizat în mediastinul mijlociu, cu două treimi situate la stânga. Este conținută în sacul pericardic, de la bază, spre vârf. Timusul acoperă porțiunea anterioară și laterală a pericardului, în zona de ieșire a arterelor mari, glanda fiind proeminentă la copii.

1.2. PERICARDUL

Sacul pericardic este format din două straturi: **pericardul fibros și pericardul seros**. Pericardul seros este conținut în pericardul fibros și este format din două straturi: intern, ce aderă la suprafața cordului și formează epicardul sau pericardul visceral și stratul extern, ce se unește cu pericardul fibros și formează pericardul parietal. Cavitatea pericardică, cea de-a treia cavitate seroasă din torace, reprezintă spațiul dintre pericardul fibros și suprafața cordului. La baza sa, marile vase intră și ies din pericard. Porțiunea inferioară a pericardului parietal este aderentă de porțiunea tendinoasă mijlocie a diafragmului, susținând inima în mediastin (Figura 1.1). Cea mai mare parte a porțiunii laterale și anterioare vine în contact cu pleura. Cavitatea pleurală este închisă de atașarea pericardului la adventicea ce acoperă vasele mari (arterele ce pleacă de la cord și venele ce vin la cord).

Există două recese delimitate de pericardul seros. Sinusul transvers, un reces între polul arterial și polul venos al inimii, care ocupă curbura internă a inimii, este mărginit anterior de suprafața posterioară a vaselor mari și posterior de artera pulmonară dreaptă și tavanul atrului stâng. Lateral, de fiecare parte, capetele si-

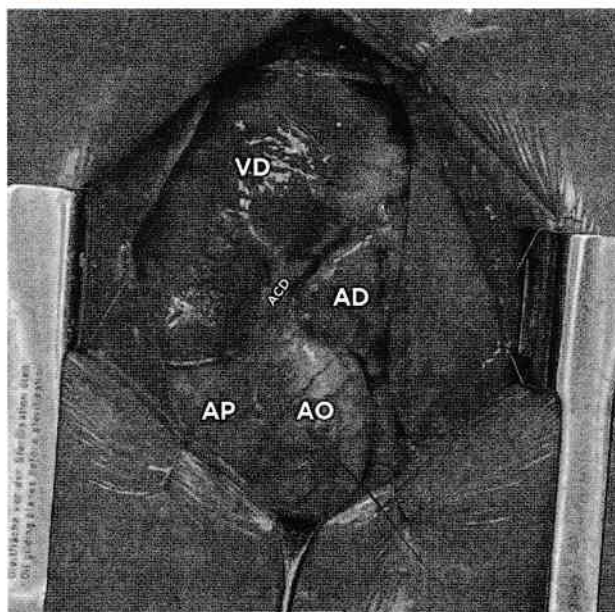


Figura 1.1. Imaginea inimii la deschiderea pericardului. Pacient de sex feminin, 4 ani, asimptomatic cu diagnostic de origine anormală artera coronară dreaptă din artera pulmonară (ARCAPA). AP, trunchiul arterei pulmonare; Ao, aorta; AD, atriu drept; ACD, artera coronară dreaptă cu origine anormală din artera pulmonară (nu se poate vizualiza explicit în această imagine); VD, ventricul drept

nusului transvers comunică liber cu cavitatea pericardică. Mai există un reces de la **sinusul transvers** ce se extinde între vena cava superioară și vena pulmonară superioară stângă. **Sinusul oblic** este un reces în fund de sac, situat în spatele atrului stâng. Acesta este limitat la dreapta de vena cavă inferioară și de venele pulmonare drepte, iar la stânga de venele pulmonare stângi. Peretele său drept este reprezentat de reflexia pericardului în jurul venelor pulmonare drepte și venei cave inferioare. Tavanul sinusului este reprezentat de

reflexia pericardului seros dintre venele pulmonare stângi și venele pulmonare drepte. Această reflexie separă sinusul oblic de cel transvers. Peretele stâng este reprezentat de reflexia pericardului pe venele pulmonare stângi. Între artera pulmonară stângă și vena pulmonară superioară stângă se află o cută de pericard seros, cunoscută ca ligamentul venei cave superioare stângi sau ligamentul lui Marshall. Sinusul transvers este un reces mai extensiv, între stratul de pericard seros ce înconjoară aspectul anterior al camerelor atriale și pericardul ce înconjoară aorta și trunchiul pulmonar.

1.3. ANATOMIA INIMII

Inima este un organ cavitărilor, format din patru camere (două atri și doi ventriculi), cu formă de piramidă triunghiulară, situat asimetric, cu apexul spre anterior și inferior, la aproximativ 60° spre stânga. Prezintă o bază și un vârf (apex). La deschiderea pericardului, cea mai mare parte a inimii este formată de ventriculul drept (Figura 1.1, Figura 1.2). La dreapta ventriculului drept, se află atriul drept. Datorită orientării axului lung, ventriculii se află mai la stânga decât atriile. Atriul drept și ventriculul drept se află mai anterior decât atriul stâng și ventriculul stâng. Atriul drept este separat de ventriculul drept prin șanțul atrioventricular drept. Superior, din baza inimii pleacă aorta și trunchiul arterei pulmonare. Artera pulmonară pleacă din ventriculul drept și părăsește pericardul înainte de a se bifurca. Bifurcația trunchiului se află pe tavanul atriului stâng. Artera pulmonară stângă merge imediat spre plămânil stâng, iar artera pulmonară dreaptă merge prin spatele venei cave superioare și deasupra venelor pulmonare drepte spre plămânil drept. Rădăcina aortică este situată posterior și la dreapta, iar baza sa este în mare parte acoperită de urechiușa dreaptă. Baza aortei, inclusiv prima porțiune a arterei coronare drepte este acoperită de grăsime (cutele Rindfleisch). Arcul aortic, după emergența trunchiurilor supraaortice, traversează bifurcația arterei pulmonare. De fiecare parte a pediculului arterial se găsește câte o urechiușă atrială. Urechiușa dreaptă are un aspect caracteristic, triunghiular, cu o joncțiune largă cu restul de atriul. Urechiușa stângă are o formă tubulară, cu o joncțiune îngustă cu restul atriului. În unele cazuri, vena cavă superioară stângă poate persista. Aceasta traversează artera pulmonară anterior și se găsește în cavitatea pericardică, posterior față de urechiușa stângă. De obicei, are un traiect descendent, pe fața posterioară a atriului stâng, prin șanțul atrioventricular stâng, pentru a se vărsa în sinusul coronar. Sinusul coronar se găsește între atriul stâng și ventriculul stâng, în porțiunea posterioară a șanțului atrioventricular stâng. Extremitatea sa dreaptă merge înainte și în sus pentru a intra în atriul drept.

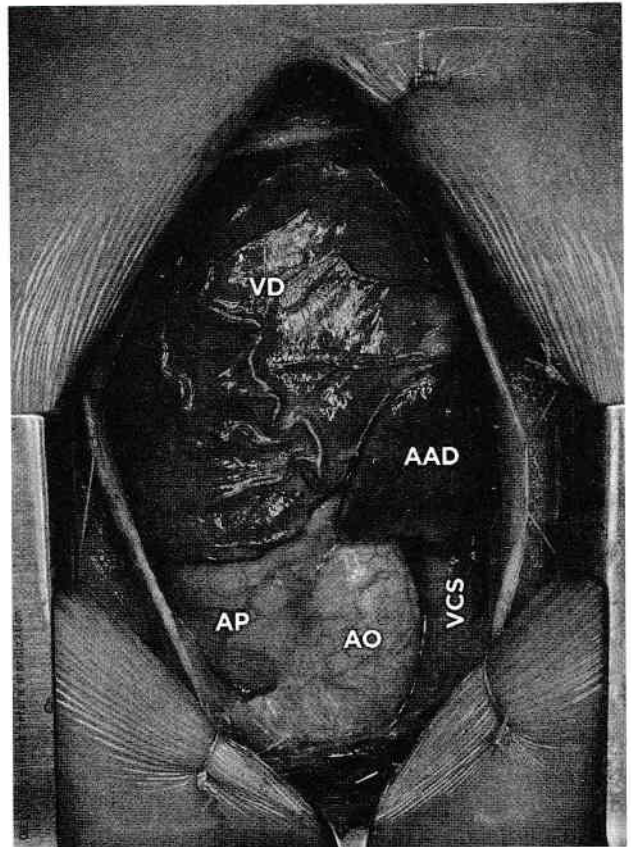


Figura 1.2. Fața anterioară a inimii la deschiderea pericardului la o adolescentă de 17 ani descoperită cu defect septal atrial larg, fără margini adecvate închiderii prin dispozitiv. AP, trunchiul arterei pulmonare; Ao, aorta; AAD, apendice atriul drept; VD, ventriculul drept; VCS, vena cavă superioară

Inima prezintă trei fețe: fața anterioară (sternocostală), fața inferioară (diafragmatică), fața posterioară (pulmonară) și trei margini. Marginea dintre fața anterioară și fața inferioară este ascuțită și se numește margine acută. Celelalte două margini (marginea dintre fața anterioară și fața posterioară și marginea dintre fața posterioară și fața inferioară) sunt mult mai obtuze. Cea mai mare parte a suprafeței anterioare a masei ventriculare este reprezentată de ventriculul drept. Acesta este mărginit la stânga de artera interventriculară anterioară și la dreapta de artera coronară dreaptă situată în șanțul atrioventricular și este separat de ventriculul stâng prin șanțul interventricular anterior. Pe fața diafragmatică, ventriculul drept este separat de ventriculul stâng de șanțul interventricular posterior. Acest șanț este continuu cu șanțul interventricular anterior, la dreapta de apex. La exterior, joncțiunea dintre urechiușa dreaptă și componenta venoasă sistemică a atriului drept este reprezentată de șanțul terminal (*sulcus terminalis*). Pe măsură ce coboară pe fața posterioară a atriului drept, devine mai puțin evident. În acest șanț se găsește nodul sinusal, situat lateral și inferior de joncțiunea cavoatrială superioară. Ocazional, acesta se poate afla de-a lungul crestei urechiușei drepte. Între cavitatea atriului drept și venele pulmonare drepte se află un al doilea șanț, mai adânc decât primul, situat

posterior și paralel cu acesta. În spatele aortei și la stânga de joncțiunea cavoatrială superioară se află tavanul atrului stâng.

1.3.1. ATRIUL DREPT MORFOLOGIC

Are **trei componente**: urechiușa, componenta venoasă (primește sângele venos sistemic) și vestibulul valvei tricuspide. **Urechiușa** este largă, situată anterior, are formă triunghiulară și acoperă porțiunea dreaptă a aortei. Forma urechiușei este de importanță semnificativă pentru morfologia atrului drept. Joncțiunea dintre urechiușă și componenta venoasă este identificată la exterior prin șanțul terminal, iar la interior prin *crista terminalis*. Aceasta dă naștere mușchilor pectinați ai urechiușei. Unul dintre mușchii pectinați este mai mare și se numește *taenia sagittalis*. Cea mai mare parte a cristei merge superior și înconjoară orificiul venei cave superioare, apoi trecând în fața orificiului venei cave inferioare coboară la dreapta și sub orificiul sinusului coronar. *Crista terminalis* reprezintă o rută majoră de conducere de la nodul sinusal la nodul atrioventricular, iar continuarea acesteia către atrul stâng se face prin **fasciculul Bachmann**, cu rol în conducerea impulsului electric atrial către atrul stâng. Urechiușa se termină superior și anterior la nivelul venei cave superioare cu o proeminență. **Componenta venoasă** este mai mică văzută din exterior. Singura porțiune vizibilă este cea dintre șanțul terminal și șanțul Waterston. Acest șanț se găsește între vena cavă superioară și venele pulmonare și se continuă spre vena cavă inferioară. Joncțiunea dintre urechiușă și componenta venoasă este largă. Aceasta este netedă, situată mai posterior și primește venele cave superior și inferior. **Valva lui Eustachio** (valva venei cave inferioare) poate fi mare și perforată de numeroase deschideri ce formează o structură ca dantela numită **rețeaua Chiari**. În podeaua atrului drept se găsește o proeminență musculară ce acoperă rădacina aortică și corpul fibros central. La dreapta și superior de aceasta se află valva tricuspida. Miocardul ce se inserează în cuspele valvei tricuspide este neted și formează vestibulul atrial. La stânga și mai jos se află suprafața septală a camerei. Atrul drept este separat de atrul stâng prin septul interatrial. Septul adevărat este reprezentat de podeaua fossei ovalis și de marginea anteroinferioară a fossei ovalis. Marginea superioară a fossei ovalis este reprezentată de împăturiri ale șanțului interatrial, ce separă gura venei cave superioare și intrarea venelor pulmonare în atrul stâng. Marginea posteroinferioară este tot o cută formată de reflexia musculaturii ce formează gura sinusului coronar și orificul venei cave inferioare. Nodul atrioventricular se găsește în **trigonul lui Koch**. Acesta este format de **tendonul lui Todaro** (structură fibroasă formată de joncțiunea dintre valva lui Eustachio și **valva lui Thebesius**), cuspa septală a valvei

tricuspide și orificiul sinusului coronar. **Vestibulul valvei tricuspide** înconjoară valva tricuspida și se continuă cu celelalte două componente ale atrului drept. Nodul sinusal se găsește imediat subepicardic, în șanțul terminal, situat la dreapta crestei atriale, lateral și inferior de joncțiunea cavoatrială superioară. De importanță semnificativă este și artera nodului sinusal. Aceasta se poate forma din artera coronară dreaptă sau din artera circumflexă. Indiferent de origine, merge prin șanțul interatrial anterior spre joncțiunea cavoatrială. O variantă importantă este atunci când artera are originea la distanță de aortă. Atunci când se formează din artera coronară dreaptă, merge pe suprafața laterală a urechiușei spre șanțul terminal. Atunci când are originea în artera circumflexă, traversează podeaua atrului stâng.

1.3.2. ATRIUL STÂNG MORFOLOGIC

Are trei componente: urechiușă, componentă venoasă și vestibul. Urechiușa față de cea a atrului drept este mult mai mică și mult mai puțin trabeculată. Aceasta are formă tubulară și se găsește la marginea stângă a trunchiului pulmonar. Față de atrul drept, aici nu există o bandă musculară proeminentă între componenta netedă și porțiunea trabeculată. Componenta venoasă netedă primește sângele venos pulmonar prin două sau trei vene pulmonare pe partea dreaptă și două vene pulmonare pe partea stângă. Suprafața septală este netedă, cu o porțiune mică neregulată ce indică poziția valvei fossei ovalis. Sinusul coronar se găsește în porțiunea inferioară stângă a joncțiunii atrioventriculare, având traiect inferior în spatele suprafeței posterioare. Accesul la atrul stâng se obține fie prin septul atrial, fie direct prin atrul stâng. Șanțul lui Sondergaard sau șanțul lui Waterston formează cea mai mare parte a marginii superioare a fossei ovalis. Tavanul atrului stâng este cuprins între orificiile venelor pulmonare stângi și drepte.

1.3.3. VENTRICULUL DREPT MORFOLOGIC

Musulatura ventriculului drept se întinde între joncțiunea atrioventriculară și joncțiunea ventriculoarterială.

Are **trei componente**: inlet, componentă apicală trabeculară și outlet. **Caracteristicile morfologice** ale ventriculului drept sunt: zona apicală trabeculară, care prezintă trabeculații groase, valvele atrioventriculare și arteriale, care sunt separate de crista supraventricularis, cordajele cuspei septale atașate direct la sept, forma ventriculară, grosimea pereților ventriculari și configurația tractului de ejecție. Porțiunea **inlet** conține și este limitată de valva tricuspida și aparatul ei tensor. Valva tricuspida are trei cuspe: anterioară, posterioară și sep-

tală. Zonele de apozitie ale cuspelor sunt denumite comisuri. Zona anteroseptală de apozitie este la stânga, zona inferioară este la dreapta și cuspa septală se întinde între ele. Zona anteroseptală este susținută de mușchiul papilar medial, denumit și mușchiul lui Lancisi, care se formează din brațul inferoposterior al trabeculei septomarginalis. În cuspa septală poate exista un cleft ce se extinde în zona de sept membranos. Zona din jurul cleftului și a zonei de apozitie ar trebui evitată deoarece reprezintă locația atrioventriculară a țesutului de conducere. Zona de apozitie dintre cuspa anterioară și posterioară este susținută de un mușchi papilar proeminent, cu originea în zona apicală a corpului trabeculei septomarginalis. Uneori acest mușchi susține porțiunea mijlocie a cuspei anterioare și un mușchi papilar mai mic susține zona de apozitie. Zona inferioară de apozitie este susținută de un mușchi papilar inferior, mic. Cuspa anterioară este susținută de mușchiul papilar medial superior la stânga și de mușchiul papilar anterior la dreapta. Porțiunea **trabeculară** se extinde până la apex, unde peretele este în mod particular subțire și vulnerabil. Porțiunea **outlet** este o porțiune musculară completă, infundibulul, ce se extinde de la baza ventriculară pentru a susține cuspele valvei pulmonare. Cuspele valvei pulmonare sunt atașate de musculatura infundibulului în mod semilunar. Imediat sub valvă, mușchii devin netezi. Peretele posterior este format în cea mai mare parte de creasta supraventriculară. Între valva tricuspida și valva pulmonară se găsește **creasta supraventriculară**. La prima vedere, pare un fasciculus muscular gros, dar de fapt nu este altceva decât curbura internă a inimii, astfel că incizii în această zonă ajung fie în sinusul transvers, fie în șanțul atrioventricular drept. Doar porțiunea medială este sept outlet adevărat. Creasta supraventriculară se inserează între brațele (anterosuperior, posteroinferior) benzii septale (trabecula septomarginalis). Brațul anterosuperior merge superior, până la atașările cuspelor valvei pulmonare, iar brațul posteroinferior se extinde inferior până la componenta interventriculară a septului membranos. Mușchiul papilar medial se formează din brațul posteroinferior. Corpul trabeculei septomarginalis se extinde spre apex și se divide în trabeculații mai mici. Unele dintre acestea susțin aparatul tendinos al valvei tricuspide. Altele sunt proeminente: una dintre ele devine mușchi papilar anterior, în timp ce o alta se extinde de la trabecula septomarginalis la mușchiul papilar anterior, fiind numită bandă moderatoare.

1.3.4. VENTRICULUL STÂNG MORFOLOGIC

Musulatura ventriculului stâng se extinde între joncțiunea atrioventriculară și joncțiunea ventriculoarterială. Are trei componente: inlet, componentă apicală

trabeculară și outlet. Ventriculul stâng se află aproape în totalitate în spatele ventriculului drept. Caracteristicile care îl diferențiază de ventriculul drept sunt următoarele: trabeculațiile din zona apicală sunt fine, cuspele valvelor atrioventriculară și arterială sunt în continuitate fibroasă, iar suprafața septală este netedă. Grosimea peretelui ventriculului stâng este de trei ori mai mare decât a peretelui ventriculului drept. **Componenta inlet** înconjoară și este limitată de valva mitrală. Cuspa anterosuperioară este scurtă, pătrată, ocupă o treime din circumferința inelului și este în continuitate fibroasă cu valva aortică. Cuspa posteroinferioară este mai îngustă și atașarea sa joncțională este mai extinsă, fiind susținută de partea parietală a joncțiunii atrioventriculare. De regulă, este formată din trei cuspe mai mici, scalopuri. Mușchii papilari sunt situați anteroinferior și posterosuperior, aproape unul de altul. Cuspele mitrale nu sunt atașate direct la sept. Marginea inferoseptală a zonei de apozitie se învecinează cu septul atrial. Această zonă este deosebit de importantă deoarece la acest nivel în sept se află nodul atrioventricular și fasciculus de conducere. În porțiunea laterală, valva se învecinează cu artera coronară stângă. **Componenta trabeculară** se extinde de la mușchii papilari la apex și are trabeculații fine. **Componenta outlet** se întinde de la porțiunea trabeculară, la atașările valvei aortice și susține valva aortică. Limita dintre cele două componente este neclară. Posterior, cuspa anterioară a valvei mitrale separă componenta inlet de componenta outlet. Componenta outlet nu este o structură complet musculară. Peretele septal este format în mare parte din mușchi, dar în această zonă se găsește septul membranos ce formează o parte a corpului fibros al inimii. Porțiunea posterolaterală a tractului de eiecție este format exclusiv din țesut fibros (perdeaua fibroasă ce unește cuspele valvei aortice cu cuspa anterioară a valvei mitrale). Suprafața musculară septală a tractului de eiecție este netedă. Imediat sub zona de apozitie dintre cuspa coronară dreaptă și cuspa noncoronară se găsește septul membranos. Marginea stângă a curburii interne a inimii susține valva aortică, iar peretele ventricular parietal formează marginea tractului de eiecție, unindu-se anterior cu septul ventricular.

1.3.5. SEPTUL INTERVENTRICULAR

Septul interventricular nu poate fi împărțit asemenea ventriculilor în porțiunea inlet, apicală și outlet. Acesta este împărțit în parte musculară și parte fibroasă sau membranoasă. Limita dintre cele două părți este reprezentată de *limbus marginalis*. Cea mai mare parte a septului ventricular este musculară. Porțiunea musculară a septului separă porțiunea inlet a ventriculului drept de porțiunea outlet a ventriculului stâng. Cele două valve atrioventriculare au atașări la niveluri diferite, astfel că o porțiune a septului muscular este acoperită

rită de miocard atrial, separând cavitatea atrului drept de cavitatea ventriculului stâng. Infundibulul subpulmonar, care este o structură musculară, separă porțiunea internă de porțiunea externă a inimii. Septul membranos este situat profund de creasta supraventriculară și este împărțit în două părți de către originea cuspei septale a valvei tricuspide. Astfel că o parte a septului membranos este situată între ventriculul stâng și atrul drept (partea atrioventriculară) și o porțiune este situată între ventriculul stâng și ventriculul drept (partea interventriculară).

1.3.6. VALVELE ATRIOVENTRICULARE

Sunt situate la joncțiunea atrioventriculară. Reprezintă un complex valvular format din: inelul valvei, cuspele valvei, cordajele tendinoase, mușchii papilari și musculatura ventriculară care le susține. Cuspele sunt suspendate într-un inel adevărat la nivelul joncțiunii atrioventriculare. Acest inel, deși adevărat, nu este întotdeauna un cordon continuu de colagen. Cuspele sunt susținute de cordaje tendinoase, inserate la nivelul mușchilor papilari sau direct la nivelul miocardului ventricular. Suprafața atrială a cuspelelor este netedă și nu este demarcată clar de peretele atrial. Suprafața ventriculară este neregulată datorită cordajelor tendinoase care se inseră la acest nivel. La distanță de marginea cuspelelor, se găsesc proeminențe fine nodulare denumite nodulii Albini. Valva mitrală are două cuspe, susținute de doi mușchi papilari. Cuspa anterioară sau aortică este atașată la o treime din circumferința inelului și are formă trapezoidală. Cuspa posterioară sau murală este atașată la două treimi din circumferința inelului și este o structură lungă, rectangulară. Fiecare cusă este formată din mai multe scalopuri. Zonele de apozitie dintre cuspe sunt denumite comisuri. Comisurile și mușchii papilari se află în poziție inferoanterioară, adiacent septului și în poziție superoposterioară cu originea în peretele ventricular posterior. Cordajele tendinoase sunt împărțite în trei grupuri: cordaje primare (atașate la marginea cuspei), cordaje secundare (atașate la suprafața ventriculară a cuspei, în apropierea nodulilor Albini; sunt puternice și mai puțin numeroase) și cordaje terțiare (au originea în peretele ventricular). Cordajele primare și secundare se formează din porțiunea apicală sau din apropierea porțiunii apicale a mușchilor papilari. Zona de inel cea mai vulnerabilă din punct de vedere al țesutului de conducere este zona din apropierea trigonului fibros drept și a corpului fibros central. Zona de inel dintre cele două trigoane, adică porțiunea mijlocie a cuspei anterioare, este legată direct de comisura dintre cuspa coronară stângă și cuspa noncoronară a valvei aortice. În apropierea cuspei posterioare se află artera circumflexă (înconjoară cuspa de jos și spre stânga) și sinusul coronar (înconjoară

ră cuspa de jos și spre dreapta). Valva tricupidă are trei cuspe: cuspa anterioară, cuspa posterioară și cuspa septală. Comisurile dintre cuspe nu ajung până la nivelul inelului, astfel că sunt doar parțial separate. Cuspa septală este susținută de cele mai multe ori de mușchiul papilar medial (denumit și mușchiul lui Lancisi) sau de mușchiul papilar inferior. Mușchiul papilar medial se formează din brațul posterior al trabeculei *septomarginalis*. Atașarea cuspei septale este cea care traversează septul membranos și îl împarte în porțiunea atrioventriculară și porțiunea interventriculară. Cuspa septală este susținută de multiple cordaje ce pleacă direct de la nivelul septului. Aceasta este o diferență importantă între valva mitrală și valva tricupidă. Cuspa septală poate prezenta în porțiunea mijlocie un cleft discret, ce se extinde spre corpul fibros central. Cuspa anterioară se găsește ca o perdea între porțiunea outlet și porțiunea inlet a ventriculului drept. Marginea sa medială și superioară este susținută de cordaje tendinoase de la mușchiul papilar medial. Zona de apozitie dintre cuspa anterioară și cuspa posterioară este susținută de mușchiul papilar anterior, care are originea în porțiunea apicală a trabeculei *septomarginalis*. Mușchiul papilar anterior poate susține porțiunea mijlocie a cuspei anterioare. În acest caz, zona de apozitie cu cuspa posterioară este susținută de un mușchi papilar relativ indistinct. Cuspa posterioară este mai puțin constantă și este atașată la partea parietală a joncțiunii atrioventriculare, fiind susținută distal de cordaje pentru marginea liberă, atașate fie la mușchii papilari mici, fie direct pe peretele ventricular. În apropierea inelului valvei tricuspide se găsește artera coronară dreaptă, în șanțul atrioventricular.

1.3.7. VALVELE ARTERIALE

Acestea sunt formate din trei cuspe semilunare, fine, subțiri, de dimensiuni aproximativ egale, care se deschid în sinusurile arteriale în timpul sistolei ventriculare. Nu există un inel fibros circular la baza arterelor de unde să se formeze cuspele. Peretele arterial se mărește în trei buzunare - sinusurile Valsalva. Originea cuspelelor nu este una dreaptă, ci semilunară. În centrul marginii libere a cuspelelor se găsește un nodul fibros numit nodulul lui Arantius. Atașarea cuspelelor la apexul zonelor de apozitie este semnificativ mai sus decât atașarea lor în porțiunea mijlocie.

Cuspele valvei aortice sunt atașate la zona de continuitate fibroasă cu cuspa anterioară a valvei mitrale și la porțiunea musculară outlet a ventriculului stâng. Din nouă dintre sinusurile aortice se formează artera coronară stângă și artera coronară dreaptă. Cuspa coronară dreaptă și cuspa coronară stângă au origine predominant musculară, în peretele ventriculului stâng. Aceste cuspe sunt adiacente trunchiului pulmonar. Trigonul fi-

broș dintre aceste cuspe separă cavitatea tractului de eiecție de planul tisular dintre rădăcina aortică și infundibulul subpulmonar. Cuspa coronară dreaptă coboară de la zona de apozitie cu cuspa coronară stângă spre creasta septului muscular, în zona de sept membranos, apoi urcă din nou la apexul zonei de apozitie cu cuspa noncoronară. Toată cuspa noncoronară are origine fibroasă și este încorporată în scheletul fibros. Jumătate din cuspa noncoronară, de la zona de apozitie cu cuspa coronară dreaptă, este atașată la zona de sept membranos. Trigonul dintre cuspa noncoronară și cuspa coronară dreaptă are relații importante cu atriu drept și ventriculul drept. Extensia posterioară a tractului de eiecție al ventriculului stâng este situată sub cuspa noncoronară și este limitată anterolateral de componenta atrioventriculară a septului membranos. După ce ajunge la nadirul său, la atașarea la trigonul fibros drept, cuspa noncoronară urcă la apexul zonei de apozitie cu cuspa coronară stângă. Părțile adiacente ale ambelor cuspe în această zonă sunt atașate la peretele aortic distal și în continuitate cu cuspa anterioară a valvei mitrale proximal. Astfel, formează perdeaua aortomitrală ce separă tractul de eiecție al ventriculului stâng de sinusul transvers al pericardului (și nu de atriu stâng). Cuspa coronară stângă de aici se alătură unei porțiuni mici de miocard parietal înainte de a se extinde anterior pentru a ajunge la zona de apozitie cu cuspa coronară dreaptă. Comisura dintre cuspa coronară stângă și cuspa coronară dreaptă este direct legată de infundibulul ventriculului drept, astfel că incizii în tractul de eiecție al ventriculului drept la acest nivel, ajung direct în regiunea subaortică.

Valva pulmonară are exclusiv atașări musculare la infundibulul ventriculului drept. La fel ca valva aortică, valva pulmonară are trei cuspe (anterioară, stângă, dreaptă) delicate, atașate într-un mod semilunar la peretele muscular al infundibulului și la peretele trunchiului arterei pulmonare. Astfel, o parte din infundibulul ventriculului drept este încorporat în sinusul arterial, iar trigonele peretelui arterial sunt incluse în outletul ventricular. Infundibulul subpulmonar este o structură de sine stătătoare ce poate fi înlăturată într-o singură bucată din ventricul. Zona de apozitie dintre cuspe este denumită comisură, iar sub fiecare comisură se află un trigon subcomisural. Zona de apozitie dintre cuspa stângă și dreaptă corespunde zonei de apozitie dintre cuspele similare de la nivelul valvei aortice și este atașată la septul muscular outlet, imediat deasupra brațului anterior al trabeculei *septomarginalis*. În realitate este atașată la musculatura infundibulară. Când cuspa dreaptă coboară de la zona sa de apozitie cu cuspa stângă, este susținută de curbura internă a inimii, ce o separă de valva tricuspida. Această masă musculară este creasta supraventriculară a ventriculului drept. Valva pulmonară poate fi îndepărtată împreună cu zona infundibulară fără a leza structuri vitale.

1.4. CIRCULAȚIA CORONARIANĂ

Arterele coronare sunt primele ramuri arteriale ce pleacă din porțiunea ascendentă a aortei. Doar două dintre sinusurile aortice dau naștere arterelor coronare: sinusul aortic stâng, din care pleacă artera coronară stângă, și sinusul aortic drept, din care pleacă artera coronară dreaptă. De obicei, arterele coronare au originea sub joncțiunea sinotubulară. Originea acestora este considerată anormală atunci când se pleacă la mai mult de un centimetru distal de joncțiunea sinotubulară. Orificiul aortic poate fi deviat fie spre ventricul, fie spre arcul aortic.

Artera coronară stângă are aproape mereu originea într-un singur orificiu. Spre deosebire de artera coronară dreaptă, în sinusul aortic drept pot exista două orificii. Acestea au dimensiuni diferite, orificiul mai mare dând naștere trunchiului arterei coronare drepte, iar orificiul mai mic dând naștere unei artere infundibulare sau arterei nodului sinusal. Existența mai multor orificii la nivelul sinusului aortic stâng este o situație mai rară. De asemenea, arterele coronare se pot forma dintr-un singur orificiu aortic. După origine, artera se poate diviza imediat în arteră coronară stângă și arteră coronară dreaptă, sau se poate bifurca astfel încât artera coronară dreaptă să treacă în fața trunchiului arterei pulmonare. Arterele coronare se extind subepicardic, în șanțul atrioventricular și în șanțul interventricular.

Artera coronară dreaptă se formează din sinusul aortic drept și intră imediat în șanțul atrioventricular drept. Aceasta înconjoară orificiul valvei tricuspide și dă naștere, de cele mai multe ori, arterei interventriculare inferioare, la *crux cordis*. În această situație se poate spune că există dominanță dreaptă. Relația cea mai apropiată cu cuspele valvei tricuspide este în apropierea ramurii sale acute. Imediat după origine, artera se găsește în porțiunea dreaptă a sinusului transvers, cu peretele muscular adiacent reprezentând cuta ventriculo-infundibulară a crestei supraventriculare. La acest nivel, poate da ramuri infundibulare. Acestea se pot forma și separat, din sinusul aortic drept. În mai mult de jumătate dintre cazuri, artera coronară dreaptă dă artera pentru nodul sinusal. Tipic, se formează din partea proximală a arterei coronare drepte, dar se poate forma și mai distal, mergând pe marginea laterală a urechiușei, pentru a ajunge la șanțul terminal. Artera coronară stângă are un trunchi comun scurt, de aproximativ un centimetru, și pleacă din sinusul aortic stâng. Merge în porțiunea stângă a sinusului transvers, situându-se în spatele trunchiului pulmonar și sub urechiușa stângă. Artera coronară stângă se bifurcă în arteră interventriculară anterioară și arteră circumflexă. Uneori, artera coronară stângă se trifurcă, cu un ram intermediar ce vascularizează suprafața pulmonară și marginile obtuze ale ventriculului stâng, între celalate două ramuri.

Artera interventriculară anterioară merge în șanțul interventricular anterosuperior și dă ramuri diagonale pentru suprafața pulmonară a ventriculului stâng și ramuri perforante ce trec inferior, în sept. Prima perforantă septală este foarte importantă, fiind la risc major când este recoltată valva pulmonară ca homograft. Artera interventriculară anterioară își continuă traiectul spre apex, făcând o curbă la apex, pe suprafața diafragmatică a ventriculilor. Artera circumflexă are un traiect în apropierea valvei mitrale. Legătura dintre arteră și valva mitrală este mai importantă atunci când din arteră pleacă artera interventriculară inferioară, la crux cordis. În această situație se poate spune că există dominanță stângă. Când nu există dominanță stângă, artera circumflexă se termină cu ramuri ce vascularizează marginea obtuză a ventriculului stâng. În aproape jumătate dintre cazuri, din artera circumflexă pleacă și artera pentru nodul sinusal. Traseul epicardic al arterelor coronare este însoțit de grăsime epicardică. Artera pentru nodul sinusal poate varia ca origine: o origine laterală din artera coronară dreaptă, cu traseu de-a lungul urechiușei, o origine laterală sau terminală, din artera circumflexă. Raportul său cu joncțiunea cavoatrială variază: de obicei artera merge anterior, de-a lungul crestei urechiușei; poate merge profund în șanțul Waterston și poate trece retrocav (în relație intimă cu marginea superioară a fossei ovale); se poate ramifica, formând un cerc în jurul joncțiunii cavoatriale. Artera nodului atrioventricular se formează din artera dominantă la crux cordis (din regiunea în care artera dominantă formează un U, în spatele podelei sinusului coronar), merge spre corpul fibros central.

Venele coronare drenează sângele de la miocard la atriul drept. Venele mari însoțesc arterele majore și drenează în sinusul coronar. Venele mici drenează direct în atriul drept.

1.5. SISTEMUL DE CONDUCERE

Sistemul specializat de conducere al inimii este reprezentat de: nodul sinusal, nodul atrioventricular, fasciculul His, fasciculul de conducere stâng și drept, rețeaua Purkinje. Nodul sinusal se găsește la nivelul joncțiunii cavoatriale. Componentele atriale de condu-

cere atrioventriculară sunt conținute în trigonul lui Koch. Fasciculul atrioventricular penetrant se găsește la apexul acestui triunghi. El trece prin corpul fibros central și ajunge la creasta septului trabecular imediat sub componenta interventriculară a septului membranos, unde se divide în fasciculul stâng și drept. Fasciculul drept merge spre baza mușchiului papilar medial, într-o poziție intramiocardică, și apoi coboară spre apexul ventricular, în trabecula septomarginalis. La nivelul apexului se ramifică, și o parte traversează cavitatea ventriculară în banda moderatoare. Ramura stângă coboară de la creasta septului interventricular ca o fâșie de celule peste partea superioară netedă a septului. Punctul de penetrare este adiacent trigonului intercomisural dintre cuspa coronară dreaptă și cuspa noncoronară. Pe măsură ce coboară, fasciculul stâng se divide în trei diviziuni principale: anterioară, posterioară și mijlocie. Diviziunea anterioară și cea posterioară merg spre mușchii papilari superolateral și inferoseptal, unde se ramifică în miocardul ventricular.

Bibliografie

1. Collection of Medical Illustrations: Cardiovascular System, Mar. 2014, C. Richard Conti, M.D. MACC, FESC, FAHA, C. Richard Conti M.D. MACC, FESC, FAHA Emeritus Professor of Medicine University of Florida College of Medicine Gainesville, Florida
2. Cordul. Atlas explicat și comentat. Anatomie, repere embriologice și noțiuni de infrastructură a miocardului, 2012, Florin Mihail Filipoiu
3. Kirklin/Barratt-Boyes Cardiac Surgery, Oct. 2012, Nicholas T. Kouchoukos, MD, Attending Cardiothoracic Surgeon, Division of Cardiovascular and Thoracic Surgery, Missouri Baptist Medical Center, St. Louis, Missouri; Eugene H. Blackstone, MD, Head, Clinical Investigations, Heart and Vascular Institute, Staff, Department of Quantitative Health Sciences, Cleveland Clinic; Professor of Surgery, Cleveland Clinic Lerner College of Medicine of Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio; Frank L. Hanley, MD, Professor of Cardiothoracic Surgery, Stanford University; Executive Director, Pediatric Heart Center, Lucille Packard Children's Hospital, Stanford, California and James K. Kirklin, MD, Professor and Director, Division of Cardiothoracic Surgery, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, Alabama
4. Surgery for Congenital Heart Defects, 3rd Edition, Nov. 2006, Jaroslav F. Stark, Marc R. de Leval, Victor T. Tsang, Michael Courtney
5. Wilcox's Surgical Anatomy of the Heart, 2013, Robert H. Anderson, Institute of Child Health, London Diane E. Spicer, Institute of Child Health, London Anthony M. Hlavacek, Medical University of South Carolina Andrew C. Cook, Institute of Child Health, London Carl L. Backer
6. Cardiac Surgery in the Adult Fifth Edition, 2017, Cohn Lawrence H
7. Cardiac Surgery, Sep. 2018, Gerhard Ziemer, Axel Haverich
8. Exercises in anatomy: The normal heart, mmcts.org

FIZIOLOGIA
APARATULUI CARDIOVASCULAR

Dan Valentin ȘTEFAN

1. INTRODUCERE
2. POMPA CARDIACĂ
 - 2.1. Automatismul și ritmicitatea (funcția cronotropă)
 - 2.2. Conducerea impulsurilor (funcția dromotropă)
 - 2.3. Excitabilitatea (funcția batmotropă) și cuplarea excitație-contrație (funcția inotropă)
 - 2.4. Ciclul cardiac
 - 2.5. Presarcina și postsarcina
 - 2.6. Mecanismele de reglare a pompei cardiace
 - 2.7. Cuplarea ventriculo-arterială
 - 2.8. Parametrii de cuantificare ai funcției cardiace
3. SISTEMUL CIRCULATOR
 - 3.1. Circulația de tip fetal și circulația de tranziție
 - 3.2. Sistemul circulator – caracteristici fizice
 - 3.3. Principiile de bază ale funcției circulatorii
 - 3.4. Noțiuni de hemodinamică

2.1. INTRODUCERE

Aparatul cardiovascular reprezintă un ansamblu complex structural și funcțional ale cărui roluri principale constau în realizarea transportului și distribuției elementelor esențiale pentru derularea optimă a metabolismului periferic (oxigen, nutrienți etc.), produșilor metabolici în vederea epurării, vehicularea diversilor mesageri umorali și a celulelor implicate în imunitatea înăscută și dobândită, în contribuția la asigurarea homeostaziei și în participarea la mecanismele adaptative din diverse stări fiziologice sau patologice. Schematic, aparatul cardiovascular constă dintr-o pompă dublă și două circuite înseriate, sistemic și pulmonar, toate funcționând integrat și reacționând permanent la reglajele nervoase sau umorale prin modificări la nivel sistemic sau local, regional. Deși funcțiile diverselor elemente constitutive sunt exercitate în deplină corelație, din motive pur didactice acestea vor fi tratate separat în cele ce urmează.

În prima parte a secolului al XVII-lea, William Harvey pune bazele anatomiei și fiziologiei inimii și vaselor în celebra lucrare „*De Motu Cordis*” din 1628. Poate părea greu de crezut, dar 400 de ani mai târziu încă se fac progrese importante în descifrarea și înțelegerea fiziologiei cardiovasculare, atât prin descoperirea unor mecanisme intime, cât și prin formularea unor concepte noi, integrative, grație progreselor din ultimii ani, în special, în domeniul imagisticii (ecocardiografie și rezonanță magnetică, îndeosebi). Doar ca un exemplu, con-

ceptul „cuplării ventriculo-vasculare” care include în esență conversia lucrului mecanic presional al ventriculului amorțat de întoarcerea venoasă în lucru mecanic „de flux” în vasele mari [1] este vehiculat abia în literatura ultimilor ani.

Capitolul de față își propune să treacă în revistă pe scurt liniile principale ale fiziologiei sistemului cardiovascular, condimentate cu câteva dintre cele mai noi concepte în domeniu, fără, însă, a avea pretenția epuizării subiectului, suficient de vast pentru a necesita mult mai mult spațiu în scopul expunerii exhaustive. În plus, vom face o paralelă cu fiziologia fetală subliniind diferențele și particularitățile acestora spre mai bună înțelegere ulterioară a patologiei și fiziopatologiei cardiovasculare la copil și, în special, la nou-născut.

2.2. POMPA CARDIACĂ

Contrațiile ritmice ale miocardului de lucru care asigură circulația sanguină au la bază un mecanism propriu de generare a impulsurilor electrice conduse pe căi preferențiale care excită fibrele musculare, toate acestea fiind posibile prin conlucrarea între cele două tipuri de celule cardiace și funcțiile specifice ale acestora.

Inima, prin poziția centrală în cadrul sistemului cardiovascular, îndeplinește mai multe funcții. Funcțiile acestora sunt: funcția cronotropă, funcția dromotropă, funcția batmotropă, funcția inotropă și cea lusitropă,

care vor fi descrise pe scurt în cele ce urmează, alături de alți parametri de urmărire și evaluare a funcționalității cardiace.

2.2.1. Automatismul și ritmicitatea (funcția cronotropă)

Deși sistemul nervos modulează activitatea cardiacă, inima nu are nevoie de inervație pentru a funcționa, ea continuând să se contracte chiar complet denervată. Automatismul reprezintă capacitatea cordului de a genera impulsuri care duc la contracției miocardice, iar ritmicitatea este proprietatea de a o face în succesiune continuă (regularitatea pacemaker-ului cardiac). Deși toate miocitele embrionare posedă proprietăți de pacemaker, în cursul dezvoltării, unele secretă mari cantități de proteine contractile, devenind miocard de lucru, în timp ce altele devin celule specializate în generarea și conducerea impulsurilor electrice și se grupează în structurile țesutului excito-conductor [2].

Mecanismul prin care aceste celule generează impulsuri electrice ritmice constă în permeabilitatea diferită a membranei celulare datorată canalelor ionice și comportamentului acestora care fac celula „incapabilă” să își mențină un potențial de repaus constant. Spre deosebire de miocite, canalele rectificatoare de K^+ ($IK1$), care permit un eflux de sarcini pozitive ce menține potențialul de repaus lipsesc, fiind „înlocuite” de canalele de tip I_f (*funnychannels*), a căror permeabilitate pentru Na^+ și K^+ determină panta ascendentă lentă de depolarizare de repaus, mai cu seamă datorată influxului de Na^+ . Lor li se adaugă prezența unui curent de tip L de Ca^{2+} care contribuie la depolarizarea lentă până la atingerea pragului de -40 mV, când se declanșează potențialul de acțiune.

Nivelul maxim al „hiperpolarizării” celulelor dotate cu automatism nu depășește -60 mV, spre deosebire de cel al celulelor musculare (scheletice sau miocardice), care este de -90 mV (Figura 2.1). La acest nivel, canalele rapide de Na^+ sunt deja inactivate și nu participă la faza 1 de depolarizare rapidă, pentru care sunt însă responsabile canalele de Na^+-Ca^{2+} . Acestea rămân deschise 100-150 ms, timp în care membrana își schimbă polaritatea și se declanșează potențialul de acțiune care ulterior este propagat pe calea sistemului excitoconductor. Inversarea polarității duce la deschiderea canalelor de K^+ care permit efluxul sarcinilor pozitive în următoarele zecimi de secundă, refăcând potențialul până la un prag cuprins între -55 și -60 mV. Apoi, fluxul prin canalele I_f reia procesul de depolarizare lentă finalizat cu un nou potențial de acțiune.

Ritmicitatea generării impulsurilor este caracteristică tuturor celulelor sistemului excitoconductor, dar la frecvențe diferite. Nodul sinoatrial are cel mai rapid ritm, urmat de nodul atrioventricular și de rețeaua

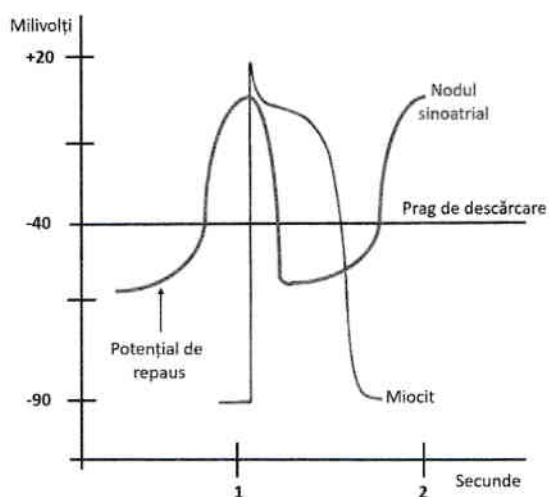


Figura 2.1. Descărcarea ritmică a nodului sinus. Comparăție cu potențialul înregistrat în miocit. Adaptat după Arthur C. Guyton, John E. Hall – Textbook of Medical Physiology

His-Purkinje. Nodul sinoatrial nestimulat descarcă la adult cu o frecvență de 70-80/min, nodul atrioventricular cu 40-60/min, în timp ce His-Purkinje doar cu 15-40/min, ceea ce explică rolul de pacemaker al nodului sinoatrial în condiții normale.

Ritmul descărcării este sub influența modulatorilor a sistemului nervos autonom prin inervația simpatică și vagală. Dacă stimularea parasimpatică crește permeabilitatea membranei pentru ionii de K^+ , determinând o hiperpolarizare mai „profundă”, care duce la scăderea frecvenței descărcării impulsurilor, acțiunea simpatică este ceva mai puțin clară ca mecanism. Se presupune că accelerarea frecvenței de descărcare ar fi consecința creșterii permeabilității membranei pentru Na^+ și Ca^{2+} .

Frecvența cardiacă este însă influențată de o serie întregă de factori, cum ar fi: concentrațiile ionilor în mediul extracelular, hormoni, alte substanțe chimice (cafeina), impulsuri de la proprioceptori, baroreceptori, chemoreceptori etc. Toți acești factori pot modifica frecvența potențialelor de acțiune prin trei mecanisme: modificarea nivelului maxim al hiperpolarizării (U_{max}), al pragului de excitație (U_{prag}) sau modificarea pantei de depolarizare [$dU/dT = (U_{prag}-U_{max})/dt$] (Figura 2.2) [3].

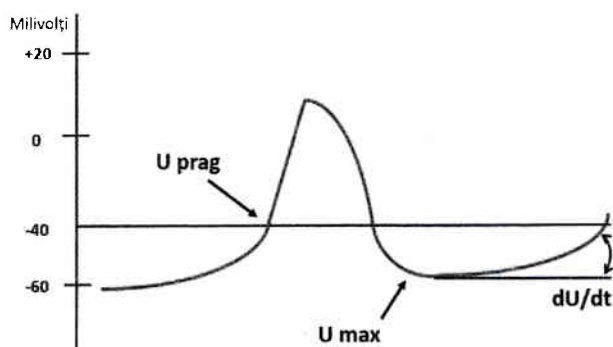


Figura 2.2. Potențialul de acțiune al celulelor nodului sinus. Explicații în text. Adaptat după Carmen Ginghină - Mic tratat de cardiologie

La embrionul uman, cele mai precoce contracții cardiace au fost înregistrate în ziua 25 de la fertilizare, cu ajutorul unor sonde transvaginale de înaltă frecvență, relevând un ritm constant de 90 de bătăi pe minut. Cel mai probabil, acesta reprezintă un ritm atrial [4]. Între săptămâna a 5-a și a 8-a, ritmul contracțiilor crește până la 160-170/min, scăzând spre săptămâna a 15-a la 150/min și diminuându-se în continuare pe măsura apropierii termenului. Nou-născutul are în mod normal o frecvență cardiacă situată între 90-180/min, ea atingând valorile maxime normale la 1-3 luni (120-180/min), pentru ca apoi să scadă treptat la 100-150/min la 6 luni, la 90-150/min spre vârsta de 1 an, până la frecvențele obișnuite ale adultului, de 60-120/min, după 12 ani. Acestea reprezintă intervalele maxime normale pentru vârstă în absența unor modificări structurale sau funcționale patologice.

2.2.2. Conducerea impulsurilor (funcția dromotropă)

Fibrele nodului sinoatrial sunt în contact direct cu miocitele mușchiului atrial, astfel că potențialul de acțiune generat se va distribui prin masa atrială conducând la contracția atrilor și va ajunge în cele din urmă la nodul atrioventricular. Prin masa musculară viteza impulsului este relativ mică (0,3 m/s), dar cele trei benzi musculare internodale (anterioară, mijlocie și posterioară) conduc ceva mai rapid, cu aproximativ 1 m/s grație conținutului lor în fibre specializate de conducere. Viteza de conducere prin fibrele musculare atriale sau ventriculare este de 250 ori mai mică decât cea din nervii mari și de 10 ori inferioară celei din mușchiul scheletic. Potențialul de acțiune din nodul sinoatrial ajunge la nodul atrioventricular după aproximativ 0,03 sec. Mai departe, impulsul este întârziat cu 0,09 sec în interiorul nodului atrioventricular și cu 0,04 sec în porțiunea penetrantă fasciculară (care străbate țesutul fibros atrioventricular) înainte ca impulsul să ajungă în fasciculul His. Cele aproximativ 0,16 sec de decalaj între nodul sinoatrial și fasciculul His permit desfășurarea sistolei atriale înainte de începerea celei ventriculare, permițând astfel ca umplerea ventriculară să fie mai eficientă.

Prin rețeaua His-Purkinje, compusă din fibre de dimensiuni mari, potențialul de acțiune circulă cu viteze mari, de circa 1,5-4 m/s, distribuindu-se fibrelor musculare subendocardice. Miocardul ventricular este deci excitat dinspre endocard către epicard și de la apex către bază, ceea ce conduce la o evacuare mai eficientă a conținutului ventricular în sistolă. În absența unor anomalii, rețeaua His-Purkinje conduce doar unidirecțional impulsul, evitând astfel un posibil fenomen de reintrare. De asemenea, cu excepția fasciculului His și a rețelei Purkinje, sistemul excitoconductor este izolat electric de miocard printr-un strat de țesut fibros. Străpungerea

anormală a acestui strat fibros, în rare ocazii, de către fibre musculare poate însă crea substratul anatomic al unui circuit de reintrare, mecanism ce poate sta la baza unei tahicardii.

2.2.3. Excitabilitatea (funcția batmotropă) și cuplarea excitație-contracție (funcția inotropă)

Când impulsul electric ajunge la miocit, acesta răspunde cu generarea unei depolarizări membranare. Geneza acestui potențial de acțiune, numită excitabilitate, își are explicația tot în modificările de permeabilitate selectivă care permit fluxurile ionice transmembranare, segmentate temporal în cinci faze (Figura 2.3). Fazele potențialului de acțiune sunt:

- faza 0, de depolarizare rapidă, este generată de influxul rapid de sodiu prin canalele rapide, care rămân deschise doar câteva miimi de secundă,
- faza 1, în care canalele de sodiu se închid și se deschid canalele lente de calciu,
- faza a 2-a, sau de platou – este menținută de influxul lent de calciu, spre deosebire de mușchiul scheletic în care platoul lipsește,
- faza a 3-a, de repolarizare, este produsă prin închiderea canalelor lente de calciu și permeabilizarea tuturor canalelor de potasiu, efluxul acestui cation datorat gradientului chimic restabilind potențialul de repaus al miocitului.

Pe perioada fazei de platou fibra miocardică este refractară la stimulare electrică (cca. 0,25-0,30 sec), perioadă numită „refractară absolută”, în contrast cu partea finală a repolarizării, perioada refractară relativă, de aproximativ 0,05 sec în care, deși mai greu excitabilă, celula musculară poate răspunde la un stimul mai puternic printr-un potențial de acțiune și o contracție

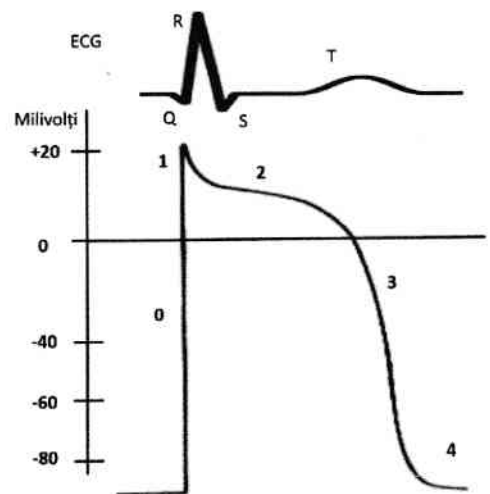


Figura 2.3. Fazele potențialului de acțiune: 0 - depolarizarea rapidă, corespunde debutului complexului QRS pe ECG, 1 - repolarizare rapidă, 2 - faza de platou, 3 - repolarizare, corespunde unde T pe ECG, 4 - potențial de repaus