

# Osnove elektrokardiograma u djece

---

Fares, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:920838>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**MEDICINSKI FAKULTET**

**Sara Fares**

**Osnove elektrokardiograma u djece**

**DIPLOMSKI RAD**



**Zagreb, 2019.**

Ovaj diplomski rad izrađen je na Zavodu za pedijatrijsku kardiologiju Kliničkog bolničkog centra Zagreb pod vodstvom doc. dr. sc. Daniela Dilbera, dr.med. i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2018./2019.

## POPIS KRATICA

ALCAPA	eng. Anomalous left coronary artery from the pulmonary artery (anomalno odvajanje lijeve koronarne arterije od plućne arterije)
ASD	Atrijski septalni defekt
BBB	eng. Bundle branch block (blok grane Hisova snopa)
BVH	eng. Biventricular hypertrophy (biventrikularna hipertrofija)
EKG	Elektrokardiogram
IRBBB	eng. Incomplete right bundle branch block (nepotpuni blok desne grane Hisova snopa)
LAD	eng. Left anterior descending artery
LAD	eng. Left axis deviation (devijacija električne osi ulijevo)
LAH	eng. Left atrial hypertrophy (hipertrofija lijeve pretklijetke)
LBBB	eng. Left bundle branch block (blok lijeve grane Hisova snopa)
LVH	eng. Left ventricular hypertrophy (hipertrofija lijeve klijetke)
MI	eng. Myocardial infarction (infarkt miokarda)
PDA	eng. Posterior descending artery
RAD	eng. Right axis deviation (devijacija električne osi udesno)
RAH	eng. Right atrial hypertrophy (hipertrofija desne pretklijetke)
RBBB	eng. Right bundle branch block (blok desne grane Hisova snopa)
RCA	eng. Right main coronary artery
RVH	eng. Right ventricular hypertrophy (hipertrofija desne klijetke)
SLE	eng. Systemic lupus erythematosus (sistemski eritemski lupus)
SVT	Supraventrikularna tahikardija
VSD	Ventrikularni septalni defekt
VT	Ventrikularna tahikardija
WPW	Wolff-Parkinson-White

## SADRŽAJ:

SAŽETAK.....	
SUMMARY.....	
1. UVOD.....	1
2. ELEKTROKARDIOGRAFIJA .....	2
2.1. SNIMANJE ELEKTROKARDIOGRAMA .....	2
2.2. INDIKACIJE .....	4
3. TUMAČENJE EKG-A.....	4
3.1. FREKVENCIJA.....	5
3.2. RITAM.....	6
3.3. ELEKTRIČNA OS .....	7
3.4. INTERVALI .....	11
3.5. P-VAL .....	14
3.6. AMPLITUDA QRS-a, R/S OMJER I ABNORMALNI Q VALOVI .....	15
3.7. ST-SEGMENT I T-VAL.....	18
4. HIPERTROFIJA.....	18
4.1. HIPERTROFIJA PRETKLIJETKI.....	18
4.2. HIPERTROFIJA KLIJETKI .....	20
5. POREMEĆAJI PROVOĐENJA KLIJETKI .....	23
5.1. BLOK GRANE HISOVA SNOVA (BBB) .....	24
5.2. INTRAVENTRIKULARNI BLOK .....	27
5.3. WOLF-PARKINSON-WHITE PREEKSCITACIJA .....	27
6. PATOLOŠKE PROMIJENE ST-SEGMENTA I T-VALA.....	29
6.1. PERIKARDITIS.....	30
6.2. INFARKT MIOKARDA .....	30
7. ELEKTROLITSKI POREMEĆAJI .....	32
7.1. KALIJ .....	32
7.2. KALCIJ.....	33
8. ZAKLJUČAK.....	34
9. ZAHVALE .....	35
10. LITERATURA .....	36
11. ŽIVOTOPIS .....	42

## **SAŽETAK**

### **Osnove elektrokardiograma u djece**

**Sara Fares**

Elektrokardiografija je jednostavna, neinvazivna i jeftina dijagnostička pretraga čiji je rezultat elektrokardiogram - grafički prikaz električne aktivnosti srca. U pedijatrijskoj su populaciji indikacije za elektrokardiografski pregled poremećaji ritma, hipertrofija klijetki ili pretklijetki, bolesti miokarda i perikarda, bolovi u prsima i elektrolitski poremećaji. Elektrokardiogrami se u djece snimaju pomoću odvoda takozvanog standardnog programa kojeg čini šest odvoda s ekstremiteta i šest prekordijalnih odvoda. U novorođenčadi i dojenčadi od pomoći su dodatni desni prekordijalni odvodi,  $V_3R$  i  $V_4R$ . Osnovna načela interpretacije elektrokardiograma jednaka su u djece i odraslih, ali se osobitosti normalnog nalaza razlikuju. Postupne promijene anatomije i fiziologije srca koje se odvijaju od trenutka rođenja do adolescencije odražavaju se u elektrokardiogramu prvenstveno promjenama morfologije QRS kompleksa i T-vala.. Prenatalno su sistemska i plućna vaskularna rezistencija gotovo jednake a masa desne klijetke dominira nad masom lijeve. Po rođenju je normalan nalaz devijacije električne osi udesno, R/S omjer veći od 1 i pozitivni T-valovi u desnim prekordijalnim odvodima. Postnatalni porast sistemske vaskularne rezistencije rezultira postupnim zadebljanjem miokarda lijeve klijetke zbog čega se mijenjaju odnosi električnih sila desne i lijeve klijetke tako da do četvrte godine života dječji elektrokardiogram nalikuje onom mlade odrasle osobe. Točna interpretacija pedijatrijskog elektrokardiograma je zahtjevna i iziskuje poznavanje specifičnih elektrokardiografskih promjena ovisnih o dobi. Od velike su nam pomoći opsežne studije provedene s ciljem određivanja normalnih vrijednosti parametara elektrokardiograma u djece. Neke od najpoznatijih su studija Davignona i suradnika objavljena 1980. godine u koju je bilo uključeno 2141 zdravo dijete u dobi od 0 do 16 godina te studija Rijnbeeka i suradnika (2001.) koja je provedena u Nizozemskoj na uzorku od 1912 zdrave djece starosti od 11 dana do 16 godina.

Ključne riječi: elektrokardiogram, djeca, osnove

## **SUMMARY**

### **Basics of electrocardiogram in children**

**Sara Fares**

Electrocardiography is a simple, non-invasive and inexpensive diagnostic procedure which produces an electrocardiogram – a recording of the electrical activity of the heart. Indications for an electrocardiographic testing in pediatric population are heart rhythm disturbances, atrial or ventricular hypertrophy, myocardial or pericardial diseases, chest pain and electrolyte disturbances, which can all be noticed in the standard electrocardiogram consisting of six limb leads and six precordial leads. The additional right precordial leads V3R and V4R are of help in infants and children. The basic principles of interpretation of the electrocardiogram in children are identical to those in adults, but the characteristics of a normal finding differ. Progressive changes in anatomy and physiology of the heart which take place between birth and adolescence are mainly presented on the electrocardiogram as QRS and T-wave changes. Vascular resistance in the pulmonary and systemic circulations is prenatally nearly equal and right ventricle is larger than the left. During the first days of life, right axis deviation, R/S ratio greater than 1, and upright T-waves in the right precordial leads are the norm. After birth, systemic vascular resistance rises causing thickening of the left ventricle. This changes the electrical relations between the left and right ventricle. By the age of four the pediatric electrocardiogram resembles the electrocardiogram of a young adult. Correct interpretation of the pediatric electrocardiogram is therefore potentially difficult and detailed knowledge of these age dependent changes is important. Large studies conducted with the aim of determining normal values of electrocardiographic parameters are of great help. Some of the acknowledged ones are Davignon et al's study published in 1980 which included 2141 healthy children aged 0 – 16 years and Rijnbeek et al's study published in 2001 which was conducted in Netherlands and included 1912 healthy children aged 11 days to 16 years.

Key words: electrocardiogram, children, basics

## 1. UVOD

Elektrokardiogrami novorođenčadi, dojenčadi i djece razlikuju se od odraslih. Ovisno o dobi mijenjaju se normalne vrijednosti srčane frekvencije, trajanja intervala, električne osi i amplituda, stoga je kod interpretacije EKG-a uvijek treba uzeti u obzir.

Elektrokardiografske promijene ovisne o dobi odraz su anatomskih i fizioloških promjena. Naime, fetalna cirkulacija razlikuje se od postnatalne, ponajprije zato jer pluća nisu u funkciji, već se izmjena plinova između majčine i fetalne krvi odvija kroz placentu. Od ukupne krvi koja dolazi u desni atrij, najveći dio prolazi kratkim spojem kroz otvoreni foramen ovale u lijevi atrij, potom u lijevu klijetku i aortu; a drugi dio dopijeva u desnu klijetku i plućnu arteriju. Zbog velikog otpora u fetalnim plućnim krvnim žilama samo mali dio te krvi prolazi kroz neventilirana pluća, a puno veći dio desno-lijevim kratkim spojem prelazi iz plućne arterije kroz ductus arteriosus Botalli u aortu. Odatle najveći dio odlazi niskootpornim i visokoprotoknim umbilikalnim arterijama u placentu. Slijedom toga za vrijeme fetalnog života lijeva klijetka ima malu masu, tj. dominantna je desna klijetka. Prvim udasima i prekidom umbilikalnih krvnih žila krvotok se iz temelja mijenja. Povećava se protok krvi kroz pluća i uspostavlja se funkcionalni plućni krvotok. Posljedično tome dolazi do jakog punjenja lijeve pretklijetke s povećanjem atrijskog tlaka što zatvori foramen ovale i prekine desno-lijevi šant koji je tu postojao u fetalnoj dobi. Kroz 10 do 15 sati funkcionalno se zatvara i ductus arteriosus Botalli. Smanjuje se otpor u plućnoj, a povećava u sistemske cirkulaciji zbog čega dolazi do zadebljanja miokarda lijeve klijetke. Desna i lijeva klijetka, kao i plućni i sistemski optok sada su trajno spojeni u seriji, pa im protok mora biti jednak. Ove promijene u krvotoku prati i postupni porast mase lijeve klijetke, što se odražava i promjenama u EKG-u. (1–3)

Najznačajnija razlika između odraslih i pedijatrijskih pacijenata je fiziološka dominacija desne srčane klijetke u novorođenačkoj dobi. Ona se očituje hiperdevijacijom električne osi udesno (RAD) uz srčanu frekvenciju 130 – 150 otkucaja u minuti (4–6). Dominacija desne klijetke očituje se visokim R-otklonima u desnim prekordijalnim odvodima naspram relativno malih S-otklona, tako da je R/S omjer veći od 1. Istodobno, u lijevim prekordijalnim odvodima prevladava S-otklon naspram R-otklonu, tako da je ovdje R/S omjer manji od 1. Rastom djeteta srčana



frekvencija pada tako da u pubertetu poprima vrijednosti kao u odraslih od 70 – 90/min. Postupno se smanjuje dominacija desne klijetke i počinju prevladavati potencijali lijeve klijetke kao posljedica zadebljanja lijevog miokarda. Do četvrte godine života dječji EKG nalikuje na EKG mlade odrasle osobe, tako da se u desnim prekordijalnim odvodima uočava obrazac R/S omjer manji od 1, a u lijevom veći od 1. Po rođenju je normalan nalaz pozitivnih T-valova u desnim prekordijalnim odvodima. Plućna vaskularna rezistencija opada u prvim danima života pa T-valovi postaju negativni u desnim odvodima. Ta se promjena najčešće događa unutar prvih 48 sati života. Pozitivni T-valovi u desnim prekordijalnim odvodima poslije sedmog dana života su abnormalan nalaz i upućuju na hipertrofiju desne klijetke. Normalan T-val ne smije biti pozitivan u V<sub>1</sub> odvodu prije šeste godine života, a negativan može ostati sve do adolescencije (3,7).

## **2. ELEKTROKARDIOGRAFIJA**

Elektrokardiografija je jednostavna, neinvazivna i jeftina dijagnostička pretraga čiji je rezultat elektrokardiogram (EKG) - grafički prikaz električne aktivnosti srca.

### **2.1. SNIMANJE ELEKTROKARDIOGRAMA**

Električni potencijali srca otkrivaju se pomoću metalnih elektroda postavljenih na kožu te se pojačavaju osjetljivim voltmetrom kao što je elektrokardiograf. 12 EKG – odvoda bilježi trenutačne razlike električnog potencijala među pozitivnim i negativnim elektrodama postavljenim na površinu tijela. Ti se odvodi dijele na dvije skupine: šest odvoda s ekstremiteta od kojih su 3 bipolarna (I, II, III odvod) i 3 unipolarna (aVR, aVL, aVF) i šest unipolarnih prekordijalnih odvoda (V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>, V<sub>5</sub> i V<sub>6</sub>) prema Wilsonu (8). Odvodi s ekstremiteta snimaju potencijale koji se projiciraju u frontalnu ravninu, odražavajući superiorno – inferiorne i lijevo – desne odnose električnih sila srca, dok se prekordijalni odvodi projiciraju u horizontalnu ravninu i odražavaju anteriorno – posteriorne i lijevo - desne odnose. Zajedničkim razmatranjem otklona u frontalnoj i horizontalnoj ravnini dobivamo informaciju o trodimenzionalnom usmjerenju vektorskih sila koje se mijenjaju u vremenu (9).

Konvencionalni EKG s 12 odvoda može se po potrebi dopuniti dodatnim odvodima. U pedijatrijskoj kardiologiji osobito su korisni prekordijalni odvodi V<sub>3</sub>R i V<sub>4</sub>R koji su zrcalna slika položaja odvoda V<sub>3</sub> i V<sub>4</sub> na desnom prsištu, jer su sile desne klijetke izraženije u male djece, osobito do treće godine života (2,8)

Tablica 1. Položaj pojedinih elektroda; prevedeno i modificirano (9).

ELEKTRODA	POLOŽAJ
R (crvena)	Desna ruka
L (žuta)	Lijeva ruka
F (zelena)	Lijeva noga
N (crna)	Desna noga, uzemljenje
V <sub>1</sub>	Četvrti interkostalni prostor uz desni rub sternuma
V <sub>2</sub>	Četvrti interkostalni prostor uz lijevi rub sternuma
V <sub>3</sub>	Na pola puta između V <sub>2</sub> i V <sub>4</sub>
V <sub>4</sub>	Medioklavikularna linija u petom interkostalnom prostoru
V <sub>5</sub>	Prednja aksilarna linija u petom interkostalnom prostoru
V <sub>6</sub>	Srednja aksilarna linija u petom interkostalnom prostoru

Sam postupak snimanja EKG-a u osnovi se ne razlikuje u djece i odraslih, ali postoje razlike u pristupu samom pacijentu. Snimanje se preporučuje provoditi u mirnoj prostoriji ugodne temperature, bez buke i s najmanjim nužnim brojem osoba u prostoriji kako bi se osigurala privatnost. Djetetu se treba predstaviti, objasniti mu postupak snimanja na njemu razumljiv način te napomenuti kako je to potpuno sigurna i bezbolna pretraga. Također se djetetu može napomenuti da treba biti mirno i da ne smije pričati za vrijeme snimanja. Poželjno je uputiti dijete normalnom disanju kako bi se opustilo. Istovremeno bi trebalo procijeniti psihofizičko stanje djeteta uočavanjem straha, nemira, plača, tremora i drugih znakova. Ako je dijete nemirno i uplašeno potrebno ga je umiriti tehnikama odvlačenja pažnje uz pomoć igračaka koje bi trebalo unaprijed pripremiti, pričom ili uz pomoć roditelja ili skrbnika. Ako ni jedan od ovih pristupa ne umiri dijete EKG se može snimati i u krilu majke ili na prsima. Tek

se smirenom djetetu mogu pravilno postaviti elektrode na predviđena mjesta (Tablica 1) i tako osigurati tehničku ispravnost snimanja. Elektrode odvođa s udova se mogu postaviti proksimalnije kako bi se smanjili artefakti zbog pomicanja djeteta. Strpljiv i nježan pristup doprinijet će snimanju EKG-a bez artefakata. Kako bi interpretacija EKG nalaza bila što točnija, potrebno je na elektrokardiogram napisati ime i prezime djeteta, datum rođenja, vrijeme snimanja, težinu i visinu/ dužinu djeteta. (10,11)

## **2.2. INDIKACIJE**

U pedijatrijskoj su populaciji tipične indikacije za snimanje EKG-a bolovi u prsima, sinkope, poremećaji ritma, hipertrofija klijetki ili pretklijetki, bolesti miokarda i perikarda, kongenitalne srčane bolesti, elektrolitski poremećaji, Kawasakijska bolest, reumatska vrućica i postoperativni kontrolni pregledi.

Bol u prsištu je relativno česta indikacija za snimanje EKG-a u pedijatrijskoj populaciji. U djece je ona rijetko srčanog podrijetla, a puno je češće povezana s osjetljivošću torakalne stijenke. U tom slučaju elektrokardiografija nije osobito korisna u pronalaženju uzroka boli, ali normalan EKG nalaz ohrabruje i umiruje roditelje i dijete (12).

## **3. TUMAČENJE EKG-A**

Elektrokardiogram je grafički prikaz električne aktivnosti srca te je važan alat u dijagnostici kardiovaskularnih bolesti. Zato svaki EKG treba očitati na jednak način, tj. rutinskoj interpretaciji EKG-a valja pristupiti sistematski kako se ne bi previdjeli važni nalazi. Kod tumačenja nalaza u obzir treba uzeti pacijentovu dob, spol i tjelesnu građu. Prilikom svakog čitanja EKG-a treba odrediti:

1. Frekvenciju
2. Ritam
3. Električnu os
4. Dužinu PR, QRS i QT intervala

5. Amplitudu i trajanje P vala
6. Amplitudu QRS kompleksa i R/S omjer, patološke Q valove
7. Abnormalnosti ST-segmenta i T vala

### 3.1. FREKVENCIJA

EKG se uobičajeno zapisuje na traku milimetarskog papira koja se kreće brzinom od 25mm/s, stoga se vrijeme mjeri na horizontalnoj osi EKG zapisa. Iz toga proizlazi da 25mm predstavlja vremenski okvir od 1 sekunde te da je svaki mali kvadratić od 1mm=  $1/25= 0,04$  sekunde, dok je svaki veliki kvadratić od 5mm= 0,2 sekunde. Srčana frekvencija se najčešće izračunava iz II odvoda. Kada nam je poznat tijek vremena na milimetarskom papiru, možemo izračunati frekvenciju (8).

Srčana frekvencija, između ostalog, ovisi o dobi. Povećuje se u prvom mjesecu života, da bi se od navršenog trećeg mjeseca postupno snižavala sve do puberteta kada dostiže frekvenciju kao u odraslih (77 – 90 / min). To su dokazali Davignon i suradnici 1980. godine, kada su objavili studiju u koju je bilo uključeno 2141 zdravo dijete u dobi od 0 do 16 godina. Taj su uzorak podijelili u 12 dobnih grupa kako bi izmjerili standardne vrijednosti parametara EKG-a u zdrave djece (4). Slične vrijednosti zabilježene su i u recentnijim studijama (tablica 2) (5,6). Shodno tome, u pedijatrijskoj kardiologiji ne postoje univerzalne definicije bradikardije i tahikardije kao što je to u odraslih (bradikardija <60 otkucaja/ min i tahikardija >100 otkucaja/ min) (13,14). Kako bi razlučili radi li se o normalnoj ili abnormalnoj srčanoj frekvenciji potrebno je poznavati dob djeteta i raspone vrijednosti srčane frekvencije koji se smatraju za dob normalnima. Tako se tahikardijom u djece smatraju sve frekvencije iznad gornje granice normalnog za dob, a bradikardijom sve ispod donje granice.

Tablica 2. Normalna frekvencija srca/min neovisno o EKG- odvodu za djevojčice i dječake ovisno o dobi: medijan (2. percentila, 98. percentila). Prema: Rijnbeek i sur, 2001. (5)

	DJEČACI	DJEVOJČICE
0 – 1 mj	160 (129, 192)	155 (136, 216)
1 – 3 mj	152 (126, 187)	154 (126, 200)
3 – 6 mj	134 (112, 165)	139 (122, 191)
6 – 12 mj	128 (106, 194)	134 (106, 187)
1 – 3 god	119 (97, 155)	128 (95, 178)
3 – 5 god	98 (73, 123)	101 (78, 124)
5 – 8 god	88 (62, 113)	89 (68, 115)
8 – 12 god	78 (55, 101)	80 (58, 110)
12 – 16 god	73 (48, 99)	76 (54, 107)

### 3.2. RITAM

Normalan srčani ritam za svaku dob je sinus ritam u kojem srčani impulsi potječu iz sinoatrijalog (SA) čvora. Kako bi za neki ritam mogli reći da je sinus ritam, moraju biti zadovoljena 3 kriterija (15):

1. Normalna os i morfologija P-valova
2. Postojanje jednog P-vala prije svakog QRS kompleksa
3. Postojanje jednog QRS kompleksa prije svakog P-vala

Os P-vala određuje podrijetlo „pacemakerskog“ impulsa srčanog ritma. Zbog toga je kriterij normalne osi P-vala (od 0 do +90 stupnjeva) iznimno bitan za diferencijaciju sinusnih od ne-sinusnih ritmova i ne smije ga se zanemariti. Kako je SA čvor smješten u gornjem dijelu desnog atrija, smjer atrijske depolarizacije je od desno gore prema lijevo dolje (do AV čvora), što rezultira osi P-vala između 0 i +90 stupnjeva. Uobičajena os P-vala je +60°, tj. u smjeru II odvoda, pa je i amplituda vala u tom odvodu najveća što ga čini najpogodnijim za izračunavanje osi. Neki atrijski (ali ne sinusni) ritmovi mogu producirati P-val ispred svakog QRS kompleksa, ali će os P-vala biti abnormalna (7). Ako je P-val normalne osi, bit će pozitivan (ili barem neće

biti negativan) u I i aVF odvodu. Dovoljna je inspekcija ova dva odvoda kako bi se odredila os P-vala (2,15).

### 3.3. ELEKTRIČNA OS

Tijekom srčanog ciklusa vektori srčanih sila mijenjaju se kako smjerom tako i veličinom. Srednji vektor prikazuje opći smjer depolarizacije. On je prosjek smjerova i amplituda svih vektora koji u nekom trenutku srčanog ciklusa postoje i može se izračunati iz 12-kanalnog EKG zapisa (16). Val depolarizacije koji putuje prema određenom odvodu prikazat će se kao pozitivan otklon, dok će se val depolarizacije koji putuje od odvoda prikazati kao negativan otklon. Abnormalna os upućuje na strukturne poremećaje srca, hipertrofiju ili hipoplaziju srčanih komora ili na abnormalnosti provođenja električnih impulsa (15).

#### 3.3.1. OS QRS KOMPLEKSA

Os QRS kompleksa označava zajednički pravac depolarizacije srčanih klijetki. Val depolarizacije klijetki započinje u AV čvoru koji je smješten na granici pretklijetke i klijetke, uložen u septum interatriale. Potom se širi granama Hisovog snopa i Purkinjeovih niti do miokarda desne i lijeve klijetke uzrokujući kontrakciju miokarda. Valovi srčane depolarizacije imaju svoj smjer i veličinu, te se stoga mogu prikazati vektorima. Zbroj svih vektora koji nastaju za vrijeme depolarizacije klijetki prikazuje srednji QRS vektor (8,17). Iz njega doznajemo važne informacije o depolarizaciji klijetki, eventualnim poremećajima provođenja ili hipertrofiji klijetki.

Normalne vrijednosti osi QRS kompleksa mijenjaju se s dobi. U odraslih je miokard lijeve klijetke deblji od miokarda desne zbog čega je srednji QRS vektor okrenut ulijevo. Kako depolarizacija klijetki započinje u AV čvoru, srednji QRS vektor je usmjeren od desno gore prema lijevo dolje, odnosno poprima vrijednost između 0 i +90 stupnjeva u frontalnoj ravnini. Za razliku od toga, u novorođenačkoj dobi su, zbog veće mase desnog miokarda, dominantne desnostrane sile ventrikulske depolarizacije. U dobi od 0 – 7 dana srednji QRS vektor iznosi 135°. Raspon vrijednosti osi QRS kompleksa u prvom mjesecu života terminskog novorođenčeta je

od  $+30$  do  $+180^\circ$ , dok je za nedonošćad raspon osi pomaknut lagano ulijevo i iznosi  $+65$  do  $+175^\circ$  (4,7). Prema tome, u EKG-u novorođenčeta nalazimo desnu devijaciju osi (RAD) u usporedbi s odraslima. Do trećeg mjeseca života os QRS kompleksa približi se srednjoj vrijednost odraslih od  $+60$  stupnjeva (18).

Tablica 3. Srednje vrijednosti (i rasponi) normalnih osi QRS kompleksa ovisni o dobi. (2,4)

Dob	Srednja vrijednost (Raspon)
0 – 1 dan	$+135^\circ$ (+59 do +192)
1 – 3 d	$+134^\circ$ (+64 do +197)
3 – 7 d	$+132^\circ$ (+77 do +187)
1 tj.- 1mj.	$+110^\circ$ (+30 do +180)
1- 3mj.	$+70^\circ$ (+10 do +125 )
3mj.- 3god.	$+60^\circ$ (+10 do +110)
> 3 god.	$+60^\circ$ (+20 do +120)
Odrasli	$+50^\circ$ (-30 do +105)

Os QRS kompleksa izvan raspona normalnih vrijednosti za dob upućuje na abnormalnu depolarizaciju klijetki. Lijeva devijacija osi (LAD) prisutna je kada je os QRS kompleksa manja od donje granice normalnog za dob. Za odrasle se uobičajeno uzimaju vrijednosti manje od  $-15^\circ$ , a za djecu manje od  $0^\circ$ . Uzrok LAD-u može biti hipertrofija lijeve klijetke (LVH), blok lijeve grane snopa (LBBB), lijevi prednji hemiblok i infarkt lateralnog zida koji se viđa u djece s anomalnim odvajanjem lijeve koronarne arterije od plućne arterije (ALCAPA) . Iznimno se LAD može naći i u inače zdrave djece (19).

Desna devijacija osi (RAD) prisutna je kada je os veća od gornje granice normalnog za dob. Od trećeg mjeseca života nadalje, devijacijom se smatraju osi veće od  $115^\circ$  (4). Diferencijalna dijagnoza RAD uključuje hipertrofiju desne klijetke (RVH) i blok desne grane snopa (RBBB), hiperkalemiju, toksičnost lijekova kao što su blokatori natrijskih kanala, dekstrokardiju i WPW.

„Superiorna“ devijacija osi je stanje u kojem je amplituda S-otklona veća od amplitude R-otklona u aVF odvodu. Ona se viđa u djece s atrioventrikularnim

septalnim defektom koji dovodi do inferiornog smještaja provodnih putova klijetki. Također se viđa i u 90% djece sa trikuspidnom atrezijom zbog hipoplazije desne klijetke. (15)

### 3.3.2. OS T-VALA

Os T-vala predstavlja srednji vektor repolarizacije klijetki. U odraslih je vektor T-vala usmjeren prema lijevim prekordijalnim odvodima. Nasuprot tome, u djece je po rođenju vektor T-vala usmjeren anteriorno što se očituje pozitivnim T-valom u prekordijalnom  $V_1$  odvodu. Nakon 48 sati života vektor T-vala postaje posterioran i negativan u  $V_1$  odvodu, a pozitivan u I i II odvodu, dok poslije petog dana života postaje pozitivan i u aVF odvodu i takvim ostaje do otprilike desete godine života, a ponekad i do adolescencije, posebice u sportaša (20,21). Do osme godine se pozitivan T-val u  $V_1$  odvodu smatra znakom hipertrofije desne klijetke (18). U većine djece poslije desete godine života srednji vektor T-vala postupno se usmjerava anteriorno i lijevo. Normalno je T-val pozitivan u  $V_5$  i  $V_6$  odvodu u svakoj dobi. U djece je inverzija T-vala u aVR i  $V_1$  odvodu gotovo uvijek normalna, dok inverzija u III odvodu može biti normalna varijanta (7).

Srednji vektor T-vala može se također odrediti iz odvoda koji se projiciraju u frontalnu ravninu, na jednak način kao što se određuje os QRS kompleksa. U prvom tjednu života os T-vala iznosi između  $-40^\circ$  i  $+100^\circ$ , ali do kraja prvog mjeseca života poprima srednju vrijednost od  $+45^\circ$  (od 0 do  $+90^\circ$ ), jednako kao u odraslih.

Srednji vektor T-vala izvan raspona normalnih vrijednosti upućuje na stanja s disfunkcijom miokarda, kao što je primjerice u miokarditisu, perikarditisu, hipertrofičnoj kardiomiopatiji s depresijom ST-spojnice i inverzijom T-vala (20), ventrikulskim poremećajima provođenja, disfunkciji miokarda uzrokovanoj ishemijom ili metaboličkim poremećajima, a rijetko se viđa i u zdravih sportaša (2).

### 3.3.3. QRS-T KUT

Kut koji zatvaraju srednji vektor QRS kompleksa i srednji vektor T-vala naziva se QRS-T kut. U novorođenčadi je vrijednost QRS-T kuta iznimno varijabilna. Poslije



šestog mjeseca života kut veći od  $60^\circ$  smatra se neuobičajenim, dok je kut veći od  $90^\circ$  zasigurno patološki. Abnormalno širok QRS-T kut s osi T-vala izvan normalnog kvadranta (od  $0^\circ$  do  $+90^\circ$ ) viđa se kod teške hipertrofije klijetke s depresijom ST-spojnice i inverzijom T-valova, ventrikulskih poremećaja provođenja i disfunkcije miokarda uzrokovane ishemijom ili metaboličkim poremećajima (4,22).

#### 3.3.4. POREMEĆAJ ELEKTRIČNE OSI U DEKSTROKARDIJI

Dekstrokardija označava stanje u kojem se srce smješteno u desnoj strani prsišta. Postoji više vrsta dekostrokardija, od kojih su najčešće dekstroverzija i „mirror image“ dekostrokardija.

Kod dekstroverzije srce je pomaknuto udesno, s apeksom u desnom prsištu. Zadržava normalne lijevo-desne odnose ali rotirano oko vertikalne osi obrnuto od smjera kazaljke na satu tako da je lijeva klijetka položena ispred desne. Stupanj dekstroverzije je varijabilan, a prema tome, varijabilni su i EKG nalazi (23). Promijene u EKG-u uzrokovane dekstroverzijom najbolje se uočavaju u prekordijalnim odvodima. U odvodima  $V_2 - V_4$  uočava se mali Q-zubac i visoki R-zubac (kao što se uobičajeno viđa u  $V_6$  odvodu), dok se amplituda QRS kompleksa progresivno smanjuje od  $V_1$  do  $V_6$ . Os P-vala ostaje nepromijenjena a Q-valovi su prisutni u odvodima I,  $V_5$  i  $V_6$  (jednako kao u levokardiji).

„Mirror image“ dekostrokardija spada u poremećaje situs viscerus inversus. Desna klijetka zadržava anteriorni položaj, ali je smještena s lijeve lijeve klijetke. Kada se prilikom snimanja EKG-a prekordijalni odvodi postave na uobičajen način, na lijevu stranu prsišta, nalaz je indikativan za „mirror image“ dekostrokardiju. Os P-vala iznosi između  $+90$  i  $+180^\circ$ , što upućuje na smještaj SA čvora s lijeve strane srca (7). Q valovi nisu prisutni u I i  $V_6$  odvodu. Kada se snime desni prekordijalni odvodi, amplitude valova su veće u odvodima  $V_3R$  i  $V_4R$  nego u odvodima  $V_3$  i  $V_4$ . Morfologija QRS kompleksa u desnim odvodima nalikuje morfologiji u lijevim odvodima kod normalno pozicioniranog srca. Q-valovi su prisutni u odvodima  $V_5R$  i  $V_6R$  (2,15).

### 3.4. INTERVALI

Tri važna intervala čije trajanje treba izmjeriti prilikom svakog čitanja EKG-a jesu PR-interval, trajanje QRS kompleksa i QT-interval. Također je potrebno izmjeriti i trajanje P-vala.

#### 3.4.1. PR-INTERVAL

PR-interval je vremenski razmak između depolarizacije atriya i depolarizacije ventrikula. Mjeri se od početka P-vala do prvog otklona QRS kompleksa, najbolje iz II odvoda. Trajanje PR-intervalu mijenja se ovisno o dobi i srčanom ritmu, stoga prilikom interpretacije EKG-a treba obje varijable uzeti u obzir. PR-interval se produžuje s dobi i s usporenjem srčanog ritma (24).

Tablica 4. P-intervali s obzirom na dob i srčanu frekvenciju: srednja vrijednost (i gornja granica) normalnih vrijednosti. Prevedeno i prilagođeno. (24)

Frekvencija srca	0 – 1 mj	1 – 6 mj	6mj – 1 god	1 – 3 god	3 – 8 god	8 – 12 god	12 – 16 god	Odrasli
< 60						0,16 (0,18)	0,16 (0,19)	0,17 (0,21)
60 – 80					0,15 (0,17)	0,15 (0,17)	0,15 (0,18)	0,16 (0,21)
80 – 100	0,10 (0,12)				0,14 (0,16)	0,15 (0,16)	0,15 (0,17)	0,15 (0,20)
100 – 120	0,10 (0,12)			(0,15)	0,13 (0,16)	0,14 (0,15)	0,15 (0,16)	0,15 (0,19)
120 – 140	0,10 (0,11)	0,11 (0,14)	0,11 (0,14)	0,12 (0,14)	0,13 (0,15)	0,14 (0,15)		0,15 (0,18)
140 – 160	0,09 (0,11)	0,10 (0,13)	0,11 (0,13)	0,11 (0,14)	0,12 (0,14)			(0,17)
160 – 180	0,10 (0,11)	0,10 (0,12)	0,10 (0,12)	0,10 (0,12)				
> 180	0,09	0,09 (0,11)	0,10 (0,11)					

Produljenje PR-intervalu (tzv. AV blok I stupnja) mogu uzrokovati sva stanja koja usporavaju provođenje električnog impulsa između pretklijetki i klijetki. Fiziološka je pojava u mlađih osoba s pojačanim tonusom vagusa i u treniranih sportaša. Od patoloških stanja, viđa se u miokarditisu (reumatskom, virusnom), Kawasakijskoj bolesti, otrovanju digitalisom, kod određenih prirođenih srčanih grešaka (defekt endokardijalnih jastučića, atrijski septalni defekt, Ebsteinova anomalija), hiperkalemije, a može nastati i jatrogeno kao komplikacija kardiokirurških operacija (25).

Skraćen PR-interval (ispod donje granice za dob) prisutan je u Wolff-Parkinson-White (WPW) preekscitaciji, Lown-Ganong-Levine sindromu (26), kardiomiopatiji u sklopu nasljednih metaboličkih bolesti (Mb Pompe, Danon, Fabry) (27), Ducheneovoj mišićnoj distrofiji, Friedrichovoj ataksiji, feokromocitomu, a može se naći i u inače zdrave djece (28).

Tablica 5. Donje granice trajanja PR intervala za dob pacijenta. prevedeno i prilagođeno. (24)

< 12 mj	0,075s
1 – 3 god	0,080s
3 – 5 god	0,085s
5 – 12 god	0,090s
12 – 16 god	0,095s
Odrasli	0,120s

Varijabilno trajanje PR-intervalu uzrokuju AV blok II stupnja tip Mobitz I i lutajući atrijski pacemaker. Kod AV bloka II stupnja tip Mobitz I, koji se još naziva Wenckebachov blok, PR-interval se svakim srčanim ciklusom postupno produljuje sve dok naposljetku iza P-vala ne izostane QRS kompleks. U srčanom ciklusu poslije AV bloka PR-interval je ponovo kratak. Ovo ponekad može biti normalan nalaz, najčešće tokom sna u sportaša (29).

### 3.4.2. TRAJANJE QRS KOMPLEKSA

Normalno trajanje QRS kompleksa, tj. vrijeme koje je potrebno za depolarizaciju klijetki, mijenja se s dobi. Mjeri se od početka Q-vala do kraja S-otklona. U novorođenčadi traje kratko (<80 ms), a zatim se poslušno produljuje zbog porasta ventrikularne mišićne mase da bi u odraslih poprimilo vrijednosti do 100ms (5,30,31).

Tablica 6. Normalna trajanje QRS kompleksa u milisekundama (ms) neovisno o EKG- odvodu za djevojčice i dječake ovisno o dobi: medijan (2. percentila, 98. percentila). Prema: Rijnbeek i sur, 2001.

(5)

	DJEČACI	DJEVOJČICE
0 – 1 mj.	67 (50, 85)	67 (54, 79)
1 – 3 mj.	64 (52, 77)	63 (48, 77)
3 – 6 mj.	66 (54, 85)	64 (50, 78)
6 – 12 mj.	69 (52, 86)	64 (52, 80)
1 – 3 god.	71 (54, 88)	68 (54, 85)
3 – 5 god.	75 (58, 92)	71 (58, 88)
5 – 8 god.	80 (63, 98)	77 (59, 95)
8 – 12 god.	85 (67, 103)	82 (66, 99)
12 – 16 god.	91 (78, 111)	87 (72, 106)

Trajanje QRS kompleksa produljeno je kod poremećaja provođenja ventrikula, kao što je RBBB, LBBB, preekscitacija (npr. WPW) i intraventrikularni blok koji se viđa kod hiperkalemije, fibroze miokarda i disfunkcije miokarda uzrokovane metaboličkim poremećajem ili ishemijom. Ventrikulske aritmije također produljuju trajanje QRS kompleksa. Kod postavljanja dijagnoze ventrikulskog poremećaja provođenja uvijek treba uzeti u obzir dob pacijenta jer se trajanje QRS kompleksa produljuje s dobi (12).

### 3.4.3. QT-INTERVAL

QT-interval predstavlja trajanje ventrikulske depolarizacije i repolarizacije. Mjeri se od početka QRS kompleksa do kraja T-vala, najtočnije iz II, V<sub>5</sub> ili V<sub>6</sub> odvoda. QT-interval se prvenstveno mijenja ovisno o srčanoj frekvenciji. Pomoću Bazettove formule

izračunava se s obzirom na frekvenciju korigiran QT-interval - QTc (QT corrected) (32).

$$\text{Bazettova formula (33): } QTc = QT / \sqrt{RR \text{ interval}}$$

Prema Bazettovoj formuli normalan QTc interval (srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija) je 0,40 ( $\pm$  0,014) sekundi. U djece starije od 6 mjeseci gornja granica trajanja normalnog QTc intervala iznosi 0,44 sekunde. QTc interval je nešto duži u novorođenčadi i male dojenčadi s gornjom granicom od 0,47 sekundi u prvom tjednu života i 0,45 sekundi do šestog mjeseca života (5).

Produljeni QT-interval viđa se u Sindromu dugog QT-intervalu (npr. Jervell i Lange-Nielsen sindromu, Romano-Ward sindromu), hipokalemiji, hiperkalemiji, miokarditisu, traumi glave, i drugim stanjima. Velik broj lijekova također produljuje Q-interval, primjerice, antiaritmici, fenotijazinski antipsihotici, triciklički antidepressivi, antibiotici (ampicilin, eritromicin, trimetoprim-sulfmetoksazol) i antihistaminici (32,34).

Skraćen QT-interval ukazuje na učinak digitalisa ili hiperkalemiju. Također se viđa kod hipertermije i u Sindromu kratkog QT-intervalu (nasljedni uzrok iznenadne smrti sa QTc < 300 milisekundi) (35).

#### 3.4.4. JT-INTERVAL

JT-interval mjeri se od J-točke (spoj S-vala i ST-segmenta) do kraja T-vala, a produljen JT-interval ima jednako značenje kao i produljen QT-interval. Mjeri se samo kada je QT-interval produljen, ili je produljeno trajanje QRS kompleksa kao što je u ventrikulskim poremećajima provođenja. Normalan JTc (korigiran prema Bazettovoj formuli (33)) iznosi  $0,32 \pm 0,02$  sekunde s gornjom granicom normalnih vrijednosti od 0,34 sekunde u zdrave djece i adolescenata (36,37).

#### 3.5. P-VAL

P-val predstavlja depolarizaciju obiju pretklijetki. Desna se pretklijetka depolarizira prva, a potom slijedi depolarizacija lijeve. Zato početni dio P-vala predstavlja desnu, a krajnji dio lijevu pretklijetku. Najčešće je simetričan i monofazičan, ali u djece može

biti i bifazičan (+/- u inferiornim odvodima ili -/+ u aVL) ili zarezan (28). Os P-vala iznosi između 0 - 90°, a najbolje se procjenjuje iz II odvoda. Amplituda i trajanje P-vala važni su prilikom dijagnoze hipertrofije pretklijetke. Amplituda normalnog P-vala manja je od 3 milimetra u novorođenčadi i dojenčadi do 6 mjeseci starosti, a manja od 2,5 milimetara (2,5 mV) u starije djece. Gornja granica trajanja P-vala je 0,08 sekundi u novorođenčadi, a 0,1 sekundu za stariju djecu (5,38).

### 3.6. AMPLITUDA QRS-a, R/S OMJER I ABNORMALNI Q VALOVI

Amplituda QRS kompleksa i R/S omjer važni su u dijagnozi hipertrofije klijetki. Njihove se vrijednosti također mijenjaju s dobi, a u obzir treba uzeti i spol i tjelesnu građu djeteta. Zbog dominacije sila desne klijetke u novorođenčadi i male djece nalazimo visoke R-otklone u desnim prekordijalnim odvodima naspram relativno malih S-otklona, tako da je odnos R/S (omjer amplituda R vala i S vala) veći od 1. Istodobno, u lijevim prekordijalnim odvodima prevladava S-otklon naspram R-otklonu, tako da je ovdje odnos R/S manji od 1 (3).

Tjelesna građa može utjecati na amplitude QRS kompleksa. U adipozne djece nalaz amplituda na EKG-u može biti niži nego što stvarno jest. To je posljedica izolacijskog učinka masnog tkiva i veće udaljenosti između srca i površine tijela na koju su postavljene elektrode (39).

Davignon i suradnici uočili su značajnu razliku u amplitudi R-otklona između djevojčica i dječaka (4), dok su Rijnbeek i suradnici uočili više amplitude ne samo R-otklona, nego i Q i S-otklona (5).

Tablica 7. Amplitude R i S-valova s obzirom na dob i EKG odvod. Srednja vrijednost i (gornja granica-98. percentila) u milimetrima (kad je 1mV=10mm). Prevedeno i prilagođeno. (24)

AMPLITUDE R-OTKLONA								
	0 – 1 mj	1 – 6 mj	6mj – 1 god	1 – 3 god	3 – 8 god	8 – 12 god	12 – 16 god	Odrasli
<b>I</b>	4 (8)	7 (13)	8 (16)	8 (16)	7 (15)	7 (15)	6 (13)	6 (13)
<b>II</b>	6 (14)	13 (24)	13 (27)	12 (23)	13 (22)	14 (24)	14 (24)	5 (25)
<b>III</b>	8 (16)	9 (20)	9 (20)	9 (20)	9 (20)	9 (24)	9 (24)	6 (22)
<b>aVR</b>	3 (8)	2 (6)	2 (6)	2 (5)	2 (4)	1 (4)	1 (4)	1 (4)
<b>aVL</b>	2 (7)	4 (8)	5 (10)	5 (10)	3 (10)	3 (10)	3 (12)	3 (9)

<b>aVF</b>	7 (14)	10 (20)	10 (16)	8 (20)	10 (19)	10 (20)	11 (21)	5 (23)
<b>V<sub>3</sub>R</b>	10 (19)	6 (13)	6 (11)	6 (11)	5 (10)	3 (9)	3 (7)	
<b>V<sub>4</sub>R</b>	6 (12)	5 (10)	4 (8)	4 (8)	3 (8)	3 (7)	3 (7)	
<b>V<sub>1</sub></b>	13 (24)	10 (19)	10 (20)	9 (18)	8 (16)	5 (12)	4 (10)	3 (14)
<b>V<sub>2</sub></b>	18 (30)	20 (31)	22 (32)	19 (28)	15 (25)	12 (20)	10 (19)	6 (21)
<b>V<sub>5</sub></b>	12 (23)	20 (33)	20 (31)	20 (32)	23 (38)	26 (39)	21 (35)	12 (33)
<b>V<sub>6</sub></b>	5 (15)	13 (22)	13 (23)	13 (23)	15 (26)	17 (26)	14 (23)	10 (21)
<b>AMPLITUDE S-OTKLONA</b>								
	<b>0 – 1 mj</b>	<b>1 – 6 mj</b>	<b>6mj – 1 god</b>	<b>1 – 3 god</b>	<b>3 – 8 god</b>	<b>8 – 12 god</b>	<b>12 – 16 god</b>	<b>Odrasli</b>
<b>I</b>	5 (10)	4 (9)	4 (9)	3 (8)	2 (8)	2 (8)	2 (8)	1 (6)
<b>V<sub>3</sub>R</b>	3 (12)	3 (10)	4 (10)	5 (12)	7 (15)	8 (18)	7 (16)	
<b>V<sub>4</sub>R</b>	4 (9)	4 (12)	5 (12)	5 (12)	5 (14)	6 (20)	6 (20)	
<b>V<sub>1</sub></b>	7 (18)	5 (15)	7 (18)	8 (21)	11 (23)	12 (25)	11 (22)	10 (23)
<b>V<sub>2</sub></b>	18 (33)	15 (26)	16 (29)	18 (30)	20 (33)	21 (36)	18 (33)	14 (36)
<b>V<sub>5</sub></b>	9 (17)	7 (16)	6 (15)	5 (12)	4 (10)	3 (8)	3 (8)	
<b>V<sub>6</sub></b>	3 (10)	3 (9)	2 (7)	2 (7)	2 (5)	1 (4)	1 (4)	1 (13)

Tablica 8. R/S omjer: Srednje vrijednosti i gornje (GG) i donje granice (DG) normalnih vrijednosti s obzirom na dob. Prevedeno. (40)

Odvod		0 – 1 mj	1 – 6 mj	6mj – 1 god	1 – 3 god	3 – 8 god	8 – 12 god	12 – 16 god	Odrasli
<b>V<sub>1</sub></b>	DG	0,5	0,3	0,3	0,5	0,1	0,15	0,1	0,0
	Srednja vrijednost	1,5	1,5	1,2	0,8	0,65	0,5	0,3	0,3
	GG	19	S = 0	6	2	2	1	1	1
<b>V<sub>2</sub></b>	DG	0,3	0,3	0,3	0,3	0,05	0,1	0,1	0,1
	Srednja vrijednost	1	1,2	1	0,8	0,5	0,5	0,5	0,2
	GG	3	4	4	1,5	1,5	1,2	1,2	2,5
<b>V<sub>6</sub></b>	DG	0,1	1,5	2	3	2,5	4	2,5	2,5
	Srednja vrijednost	2	4	6	20	20	20	10	9
	GG	S = 0	S = 0	S = 0	S = 0	S = 0	S = 0	S = 0	S = 0

Q-val je inicijalni negativni otklon na početku QRS kompleksa, a ovisno o njegovim značajkama može se smatrati benignim ili patološkim. Normalni, benigni, Q-val predstavlja depolarizaciju interventrikularnog septuma i obično traje 0,02 sekunde, a

ne prelazi 0,03 sekunde. Takvi se Q-valovi u EKG-u najčešće viđaju u inferiornim (II, III i aVF) i lateralnim (V<sub>4</sub>, V<sub>5</sub>, V<sub>6</sub>) odvodima.

Abnormalni, patološki, Q- valovi mogu se prezentirati kao duboki i/ili široki valovi ili se mogu pojaviti u odvodima u kojima ih inače ne nalazimo. Patološkim Q-valovima smatraju se valovi dublji od 5 milimetara i dulji od 0,035 sekundi (zbog jednostavnosti očitavanja na EKG-u patološkim Q-valovima se uobičajeno smatraju oni dulji od 0,04 sekunde, tj. jednog malog kvadratića) (41). Različita patološka stanja produciraju različite patološke Q-valove. Tako hipertrofična kardiomiopatija najčešće producira Q-valove koji su dublji od 3 milimetra i/ili dulji od 0,04 sekunde u barem dva, najčešće inferiorna ili lateralna odvoda (20,42). Duboki (> 5 milimetara) i uski Q-valovi su često normalan nalaz u novorođenčadi, dojenčadi i male djece, a najčešće su prisutni u odvodima aVF i V<sub>6</sub>. Nasuprot tome, duboki i široki Q- valovi upućuju na ishemiju ili infarkt miokarda. Tipična pedijatrijska bolest kod koje se vide takvi patološki Q-valovi je anomalno odvajanje lijeve koronarne arterije od plućne arterije (ALCAPA). Naime, u tih pacijenata je EKG po rođenju uredan jer visok tlak u plućnoj arteriji omogućuje normalnu perfuziju miokarda anomalnom koronarnom arterijom. Padom plućne vaskularne rezistencije u prva 3 mjeseca života postupno opada protok kroz lijevu koronarnu arteriju te nastupa ishemija, a potom i infarkt djela miokarda koji ona opskrbljuje. U EKG-u se ishemijske promijene uočavaju u aVL, I, V<sub>5</sub> i V<sub>6</sub> odvodu (43). Prisutnost Q-valova u desnim (teška RVH ili inverzija ventrikula) ili odsutnost u lijevim prekordijalnim odvodima (LBBB ili inverzija ventrikula) je abnormalna.

Tablica 9. Amplitude Q-valova s obzirom na odvod i dob: srednja vrijednost (i gornja granica) u milimetrima. Prevedeno. (4)

	0 – 1 mj	1 – 6 mj	6mj – 1 god	1 – 3 god	3 – 8 god	8 – 12 god	12 – 16 god	Odrasli
<b>III</b>	1,5 (5,5)	1,5 (6,0)	2,1 (6,0)	1,5 (5,0)	1,0 (3,5)	0,6 (3,0)	1,0 (3,0)	0,5 (4)
<b>aVF</b>	1,0 (3,5)	1,0 (3,5)	1,0 (3,5)	1,0 (3,0)	0,5 (3,0)	0,5 (2,5)	0,5 (2,0)	0,5 (2)
<b>V<sub>5</sub></b>	0,1 (3,5)	0,1 (3,0)	0,1 (3,0)	0,5 (4,5)	0,1 (5,5)	0,1 (3,0)	0,5 (3,0)	0,5 (3,5)
<b>V<sub>6</sub></b>	0,5 (3,0)	0,5 (3,0)	0,5 (3,0)	0,5 (3,0)	1,0 (3,5)	0,5 (3,0)	0,5 (3,0)	0,5 (3)



### **3.7. ST-SEGMENT I T-VAL**

Normalan ST-segment je najčešće izoelektričan, no nisu svi pomaci ST-segmenta patološki. Pomak ST-segmenta uobičajeno određujemo prema PR-segmentu kojeg smatramo linijom izoelektričnosti, osim u nedonoščadi i novorođenčadi kada je bolje koristiti TP-segment (7). Blagi pomaci segmenta su u djece benigni. Elevacija ili depresija ST-segmenta do 1 milimetra u odvodima s udova i do 2 milimetra u prekordijalnim odvodima u djece se smatra normalnom varijacijom.

Najčešći nepatološki pomaci ST-segmenta u djece su depresija J-točke (točka na EKG-u koja spaja QRS kompleks i ST-segment), koja se češće viđa u prekordijalnim odvodima, i rana repolarizacija. Rana repolarizacija još se naziva i elevacija J-točke, predstavlja benignu QRS-T varijantu EKG nalaza, a najčešće se viđa u zdravih adolescenata i sportaša (44). Kako bi se postavila dijagnoza rane repolarizacije moraju biti zadovoljena tri elektrokardiografska kriterija. To su pomak J-točke s izoelektrične linije za više od 0,1 mV u najmanje dva susjedna odvoda, nepravilna morfologija J-točke i uzlazni, silazni (rijetko) ili horizontalni ST-segment od J-točke do T-vala (45,46). Rana repolarizacija naliči na pomak ST-segmenta u perikarditisu, s time da kod perikarditisa ST-segment s vremenom postaje izoelektričan, dok je kod rane repolarizacije stabilan (47,48). Srednji vektor T-vala u ovim stanjima ostaje normalan.

Visoki i šiljasti T-valovi viđaju se u hiperkalemiji i u LVH (po tipu volumnog preopterećenja), dok se niski ili ravni T-valovi pojavljuju kod zdrave novorođenčadi ili upućuju na hipotireoidizam, hipokalemiju, perikarditis, miokarditis ili ishemiju miokarda.

## **4. HIPERTROFIJA**

### **4.1. HIPERTROFIJA PRETKLIJETKI**

P-val predstavlja depolarizaciju, tj. kontrakciju, obiju pretklijetki, pa pregledom P-vala možemo pronaći znakove njihove hipertrofije. Prekordijalni  $V_1$  odvod nalazi se iznad pretklijetki stoga je najbolje koristiti taj odvod za ocjenu njihove hipertrofije. (17)

#### 4.1.1. HIPERTROFIJA DESNE PRETKLIJETKE

Povećana amplituda P-valova upućuje na hipertrofiju desne pretklijetke (RAH). Depolarizacija desne pretklijetke predstavljena je početnim djelom P-vala. Zato se kod RAH povećava amplituda, ali ne i trajanje P-vala. Dijagnoza RAH-a postavlja se ako je amplituda P-vala u bilo kojem odvodu veća od 3 milimetra u novorođenčadi i dojenčadi do 6 mjeseci starosti, a 2,5 milimetara (0,25 mV) u starije djece (5,38). Takvi se valovi često nazivaju „P-pulmonale“. RAH je često prisutna kod prirođenih srčanih grešaka, kao što su ASD, pulmonalna stenoza, anomalije trikuspidalne valvule i tetralogija Fallot.

#### 4.1.2. HIPERTROFIJA LIJEVE PRETKLIJETKE

Prošireni, i često, zarezani P-valovi, zvani „P mitrale“, viđaju se u hipertrofiji lijeve pretklijetke (LAH). Lijevu pretklijetku predstavlja krajnji dio P-vala, pa promijene u njoj depolarizaciji utječu na trajanje P-vala. U  $V_1$  odvodu P-val je često bifazičan s početnim kraćim pozitivnim segmentom kojeg slijedi duži negativni segment (najmanje 1 milimetar dubok i 0,04 sekunde dug). Takav negativni otklon nastaje zbog stražnje pozicije lijevog atrija pa je vektor njegove depolarizacije usmjeren od  $V_1$  odvoda (49). Zarezan P val u  $V_1$  odvodu nije sam po sebi indikativan za LAH, već za dijagnozu LAH-a trajanje P vala mora biti produljeno, dulje od 0,08 sekundi u novorođenčadi i dulje od 0,10 sekundi u starije djece (5). LAH često prati poremećaje mitralne ili aortalne valvule, a viđa se i kod kardiomiopatija. Može biti i posljedica odgođenog provođenja impulsa kroz interatrijski Bachmannov snop.

#### 4.1.3. HIPERTROFIJA OBIJU PRETKLIJETKI

Dijagnoza biatrijske hipertrofije postavlja se kada su u istom EKG zapisu zadovoljeni kriteriji za hipertrofiju i desne i lijeve pretklijetke, što se očituje P-valovima povećanih amplitudi i produljenog trajanja.

## 4.2. HIPERTROFIJA KLIJETKI

Hipertrofija klijetki uzrokuje abnormalnosti u jednom ili više parametara EKG-a, kao što su os i amplituda QRS kompleksa, R/S omjer, os T-vala, a uzrokuje i druge nespecifične promijene koje mogu pomoći postavljanju dijagnoze. Trajanje QRS kompleksa kod hipertrofije klijetki nije promijenjeno jer se klijetke, za razliku od pretklijetki, depolariziraju u isto vrijeme (39).

### 4.2.1. HIPERTROFIJA DESNE KLIJETKE (RVH)

Hipertrofija desne klijetke predstavlja povećanje mase ili debljine desne klijetke, a nastaje zbog preopterećenja volumenom ili tlakom ili njihovom kombinacijom. Takvo stanje povećava električne sile desne klijetke u odnosu na normalno srce, zbog čega se zajednički vektor depolarizacije pomiče udesno (39). Postoji nekoliko kriterija na osnovu kojih se postavlja dijagnoza RVH:

1. Amplituda R-vala iznad 98. percentile za dob u  $V_1$  odvodu:

R-valovi u  $V_1$  odvodu veći od 98. percentile za dob ukazuju na RVH. Normalan QRS kompleks u  $V_1$  odvodu ima manji R-val i viši S-val, no kod RVH veća masa desne klijetke stvara veće pozitivne otklone u desnostranim odvodima ( $V_4R$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ , aVR i III odvod) (49). Ovaj je kriterij dovoljno specifičan ali nedovoljno osjetljiv zbog toga što je lijeva klijetka normalno masivnija od desne, pa mogu postojati slučajevi RVH kod kojih još nije došlo do prevage desnostranih sila koje bi uzrokovale visoke R-valove (39).

2. Amplituda S-vala iznad 98. percentile za dob u  $V_5$  i  $V_6$  odvodu:

S-valovi u  $V_5$  i  $V_6$  odvodu veći od 98. percentile za dob ukazuju na RVH. Taj je kriterij sukladan prvom kriteriju. Ako veća masa desne klijetke stvara visoke R-valove u desnostranim odvodima, stvarat će i visoke S-valove u lijevostranim odvodima ( $V_5$ ,  $V_6$  i I odvod). Ovo je osjetljiv, ali manje specifičan znak RVH. I druga stanja osim RVH mogu uzrokovati visoke S-valove u lijevim prekordijalnim odvodima, primjerice, fokalna septalna hipertrofija ili prednji lijevi hemiblok (23).

3. R/S omjer u  $V_1$  odvodu:

R/S omjer u  $V_1$  odvodu veći od 1 upućuje na RVH. Ovaj kriterij izravno prikazuje odnose električnih sila desne i lijeve klijetke (23,49).

4. QR uzorak u  $V_1$ ,  $V_3R$  ili  $V_4R$ :

Q-val u  $V_1$ ,  $V_3R$  ili  $V_4R$  odvodu može vidjeti u RVH. Kod RVH, hipertrofična desna strana septuma uzrokuje veliki posteriorni vektor koji se u EKG-u očituje Q-valovima u navedenim odvodima. U novorođenčadi Q-valovi povezani s RVH mogu biti svega 0,5 – 1 milimetar duboki, dok u starije djece postaju izraženiji. Ovaj kriterij nije specifičan jer se javlja i kod inverzije klijetki i prednjeg infarkta miokarda (23).

5. Inverzija T-vala u desnim prekordijalnim odvodima:

Normalni T-valovi su u desnim prekordijalnim odvodima pozitivni po rođenju, ali poslije trećeg dana postaju negativni i takvi ostaju do puberteta (38). S obzirom na to da su u pedijatrijskih pacijenata T-valovi uglavnom negativni, pozitivni T-valovi (uz uvjet da je T-val pozitivan i u lijevim prekordijalnim odvodima) ukazuje na RVH uzrokovanu tlačnim opterećenjem (42,49). To je najvažniji znak za razlikovanje patološke od fiziološke hipertrofije desne klijetke u novorođenčeta i malog dojenčeta.

6.  $rsR'$  uzorak u  $V_1$  uz normalno trajanje QRS kompleksa ( $<0,1$  s):

$rsR'$  uzorak u  $V_1$  često se viđa kod blaže RVH. Ovaj je nalaz osjetljiv, ali ne i specifičan jer se viđa i u zdrave djece i u one sa RBBB. Međutim, u RVH je uobičajeno  $R'$ -val izraženiji pa se smatra kako je  $R'$  veći od 15 milimetara u dojenčadi, i veći od 10 milimetara u starije djece sugestivan za RVH (23).  $rsR'$  uzorak upućuje na volumno preopterećenje klijetke, te se često nalazi u djece s hemodinamski značajnim ASD-om. Nasuprot tome  $Rsr'$ -obrazac u dječjoj dobi nije patološki nalaz.

7. Devijacija električne osi udesno (RAD):

RAD u pacijenata starijih od 3 mjeseca povezana je s RVH (38,39). Često se koristi kao dodatni kriterij u dijagnozi RVH, jer RAD sama za sebe nije dovoljan kriterij, posebice u novorođenčadi i male djece.

Osobito je teško postaviti dijagnozu hipertrofije desne klijetke u novorođenčadi zbog fiziološke dominacije desne klijetke u tom razdoblju života. Sljedeći znakovi mogu pomoći pri postavljanju dijagnoze (24):

1. S-valovi u I odvodu veći od 12 milimetara
2. R-valovi (bez S-valova) u  $V_1$  odvodu veći od 10 milimetara
3. R-valovi u  $V_1$  odvodu veći od 25 milimetara ili R-valovi u aVR odvodu veći od 8 milimetara
4. qR uzorak u  $V_1$  odvodu (prisutan u 10% zdrave novorođenčadi)
5. uspravni T-valovi u  $V_1$  odvodu poslije trećeg dana života
6. devijacija električne osi udesno s osi QRS kompleksa većom od  $+180^\circ$

Hipertrofija desne klijetke prati brojna patološka stanja u djece, uključujući prirodne srčane greške kao što su pulmonalna stenoza, ASD i tetralogija Fallot i stečena stanja, primjerice primarnu plućnu hipertenziju (38).

#### 4.2.2. HIPERTROFIJA LIJEVE KLIJETKE (LVH)

Hipertrofija lijeve klijetke predstavlja povećanje mase ili debljine lijeve klijetke. Električne sile lijeve klijetke i u normalnom su srcu dominantne nad silama desne klijetke. Kada je prisutna LVH, ravnoteža električnih sila još je više nagnuta ulijevo. Postoji nekoliko kriterija na osnovu kojih se postavlja dijagnoza LVH:

1. Amplituda R-vala u  $V_6$  ili S-vala u  $V_1$  odvodu iznad 98. percentile za dob:  
Ako je visina R-vala u  $V_6$  ili dubina S-vala u  $V_1$  odvodu (ili njihov zbroj) veća od 98. percentile za dob, zadovoljen je voltažni kriterij LVH (23). Taj kriterij sam za sebe nije dovoljan za definitivnu dijagnozu LVH jer amplitude QRS-a ovise o dobi, spolu, tjelesnoj građi i fizičkoj spremi (39,42).
2. Abnormalan T-vala  
Dvije promijene T-vala upućuju na LVH. Kod blaže LVH pozitivni T-valovi pokazuju povećane amplitude. Inverzija T-vala, a posebice ako je T-val asimetričan, ukazuje na težu LVH. Inverziju T-vala prati i depresija ST-spojnice za više od 1 milimetar (23,39).
3. Abnormalan Q-val  
U prisutnosti LVH Q-val se može produbiti ili može nestati. Q-valovi dublji od 5 milimetara u inferiornim i lateralnim odvodima (II, III, aVF,  $V_5$  i  $V_6$ ) mogu biti znak dijastoličkog preopterećenja lijeve klijetke. U drugom slučaju, kada je

LVH posljedica koncentričnog zadebljanja miokarda, QRS vektor je pomaknut ulijevo i straga pa Q-val može nestati.

4. LAH, LAD i produljen QT-interval:

Sve su ove promijene povezane sa LVH, ali se ne smiju same za sebe koristiti u dijagnozi LVH, već se koriste kao pomoćni kriteriji.

Hipertrofija lijeve klijetke prati brojna patološka stanja u djece, uključujući aortalnu stenozu, hipertrofičnu kardiomiopatiju i arterijsku hipertenziju.

#### 4.2.3. BIVENTRIKULARNA HIPERTROFIJA

BVH se može očitovati jednim od sljedećih EKG nalaza (2):

1. Pozitivnim kriterijem povećanja amplitude QRS kompleksa za RVH i LVH u odsutnosti bloka grane ili preekscitacije, uz normalno trajanje QRS-a.
2. Pozitivnim kriterijem povećanja amplitude QRS kompleksa za RVH ili LVH i relativno visokim amplitudama QRS-a za drugu klijetku.
3. Veliki ekvifazični QRS kompleksi u dva ili više odvoda s udova i u srednjim prekordijalnim odvodima (od  $V_2$  do  $V_5$ ). Takav nalaz naziva se Katz-Wachtelov fenomen (uz normalno trajanje QRS-a).

## 5. POREMEĆAJI PROVOĐENJA KLIJETKI

Stanja koja pod zajedničkim imenom zovemo poremećaji provođenja ventrikula obilježava produljeno trajanje QRS kompleksa. Ta skupina poremećaja uključuje blokove grana Hisova snopa, preekscitaciju (npr. WPW) i intraventrikularni blok.

Kod bloka grane je produljeno trajanje krajnjeg dijela QRS kompleksa, preekscitacija uzrokuje produljenje početnog dijela QRS kompleksa što dovodi do nastanka „delta-valova“, dok se intraventrikularni blokovi očituju produljenim trajanjem čitavog QRS kompleksa. Normalno trajanje QRS kompleksa ovisi o dobi, kratak je u novorođenčadi i produljuje se u starije djece i odraslih. Gornja granica trajanja QRS

kompleksa za novorođenčad je 0,08 sekundi, dok je u starije djece i odraslih pomaknuta na 0,10 sekundi (5,30,31). Poremećaj provođenja ventrikula koji se u praksi najčešće susreće jest blok desne grane Hisova snopa (RBBB). Blok lijeve grane (LBBB) iznimno je rijedak u djece dok je u odraslih znatno češći, osobito u bolesnika s hipertenzijom ili ishemijskom bolesti srca. WPW preekscitacija je rijetko stanje ali je dobro definiran entitet, a intraventrikularni blok je često uzrokovan metaboličkim poremećajima i difuznom bolesti miokarda (2,50).

### **5.1. BLOK GRANE HISOVA SNOVA (BBB)**

Kod bloka grane zahvaćena se klijetka ne depolarizira kroz His-Purkinjeov sustav. Nasuprot tome, električni impulsi kroz intaktnu granu snopa putuju brzo i depolariziraju ipsilateralnu klijetku, a potom se val depolarizacije širi sporo do kontralateralne klijetke, od miocita do miocita. Slijedom toga, klijetke se kontrahiraju jedna za drugom a ne simultano pa je produženo trajanje krajnjeg dijela QRS kompleksa. Ovisno o stupnju produljenja razlikujemo potpuni i nepotpuni blok grane (15).

#### **5.1.1. BLOK DESNE GRANE SNOVA (RBBB)**

Kod RBBB usporeno provođenje kroz desnu granu Hisova snopa produljuje vrijeme potrebno za depolarizaciju desne klijetke. U trenutku kada je lijeva klijetka u potpunosti depolarizirana, u desnoj depolarizacija još traje. To produljuje trajanje QRS kompleksa u njegovom krajnjem dijelu, a izobličenje QRS-a („terminal slurring“) je usmjereno udesno i sprijeda sukladno položaju desne klijetke (50). RBBB uzrokuje povećanje amplituda QRS kompleksa za oba ventrikula u odsutnosti hipertrofije klijetki. Naime, kod RBBB asinkrona depolarizacija oponirajućih elektromotornih sila dovodi do manjeg stupnja poništenja potencijala lijeve i desne klijetke što se manifestira većim potencijalima za obje klijetke. Shodno tome, u prisutnosti bloka grane (ili WPW preekscitacije ili intraventrikularnog bloka) dijagnoza hipertrofije klijetki je nesigurna (2).

Jedan od kriterija za dijagnozu RBBB u djece mlađe od 4 godine je trajanje QRS-a dulje od 0,9 sekundi, a od 4 do 16 godina 0,10 sekundi. U pacijenata starijih od 16 godina u kojih QRS kompleks traje dulje od 0,12 sekundi postavlja se dijagnoza potpunog bloka desne grane (RBBB), a kod trajanja QRS-a između 0,10 i 0,12 sekundi nepotpunog bloka desne grane (IRBBB) (31).

Patološka stanja u pedijatriji najčešće udružena s RBBB su ASD i poremećaji provođenja nakon operacije na otvorenom srcu koja je uključivala desnu ventrikulotomiju. Ostale prirođene srčane greške često udružene s RBBB uključuju Ebsteinovu anomaliju, koarktaciju aorte u dojenčadi mlađe od 6 mjeseci, atrioventrikularne septalne defekte te djelomični anomalni utok plućnih vena. Ponekad se RBBB viđa u inače zdrave djece, a rijetko se viđa u sklopu bolesti miokarda (kardiomiopatije, miokarditisi), mišićnih bolesti (Duchenneova mišićna distrofija, miotonična distrofija) i u Brugada sindromu. Patofiziologija RBBB je u djece drugačija nego u odraslih budući da je u najvećem broju pedijatrijskih slučajeva desna grana snopa intaktna. Kod ASD-a je uzrok produljenog trajanja QRS kompleksa dulji put koji val depolarizacije mora prijeći zbog dilatirane desne klijetke a ne stvarni blok u provođenju desne grane snopa. Desna ventrikulotomija, potrebna za ispravljanje VSD-a ili tetralogije Fallot, narušava subendokardijalnu mrežu Purkinjeovih vlakana desne klijetke i uzrokuje produljenje QRS kompleksa bez ozljede glavne desne grane, iako se onda ponekad može dogoditi (2).

#### KRITERIJI ZA DIJAGNOZU RBBB (31):

1. RAD, barem u krajnjem dijelu QRS kompleksa
2. Trajanje QRS kompleksa duže od gornje granice normalnog za dob
3. Izobličenje QRS-a („terminal slurring“) je usmjereno udesno (široki S-valovi u I i V<sub>6</sub> odvodu) i sprijeda (široki R-valovi u V<sub>1</sub> odvodu) sukladno položaju desne klijetke
4. Pomaci ST-segmenta i inverzija T-valova česti su u odraslih, ali ne i u djece



### 5.1.2. NEPOTPUNI BLOK DESNE GRANE SNOPA (IRBBB)

Iako je potpuni blok desne grane snopa rijetko stanje u djece sa strukturno zdravim srce, IRBBB se viđa relativno često. Nepotpuni blok desne grane se u EKG zapisu očituje pojavom drugog R-otklona (R'), višeg od prvog r-otklona, tj. rsR'-obrascem u V<sub>1</sub> odvodu uz blago produljenje trajanje (86-90 ms u djece do 8 godina, 90-100 ms u djece od 8-16 godina i 110-120 ms u starijih od 16 godina) i abnormalne amplitude QRS kompleksa. Taj obrazac nazivamo nepotpuni blok desne grane tipa Wilson, a smatra se tipičnim za volumno opterećenje desne klijetke. Ako postoji rsR'- obrazac u V<sub>1</sub> odvodu ali su trajanje i amplituda QRS kompleksa normalni takav se nalaz smatra nepatološkim i ne upućuje na IRBBB. Nasuprot tome Rsr'-obrazac u dječjoj dobi nije patološki nalaz (3). Patofiziologija i klinička važnost IRBBB i RBBB su slične a dijagnoza potpunog ili djelomičnog bloka u djece je arbitrarna. Ako su strukturne i funkcionalne anomalije srca u djeteta isključene, dijagnoza IRBBB u pedijatrijskoj populaciji nema većeg značenja (31,50).

### 5.1.3. BLOK LIJEVE GRANE SNOPA (LBBB)

Blok lijeve grane snopa iznimno je rijedak u djece. Kod LBBB trajanje je QRS kompleksa produljeno za dob. Produljenje je značajno u krajnjem dijelu QRS kompleksa, a izobličenje QRS-a („terminal slurring“) je usmjereno ulijevo i straga sukladno položaju lijeve klijetke. Q val je odsutan u odvodu V<sub>6</sub> jer se interventrikularni septum depolarizira s desna na lijevo, a postoji i LAD za pacijentovu dob (31,50).

LBBB se iznimno rijetko nalazi u djece, a može upućivati na brojna patološka stanja kao što su kardiomiopatije, srčani tumori, LVH, miokarditis, infarkt miokarda (MI), endokarditis aortalne valvule, ventrikularnu tahikardiju (VT). Također može biti i posljedica operacije na izlaznom dijelu lijeve klijetke, septalne miomektomije ili zamjene aortalne valvule. Blok lijeve grane snopa može u rijetkim slučajevima progredirati do potpunog srčanog bloka i iznenadne smrti (2).

## 5.2. INTRAVENTRIKULARNI BLOK

Intraventrikularni blok karakterizira produljeno trajanje čitavog QRS kompleksa. To najčešće upućuje na teška stanja kao što su metabolički poremećaji (npr. hiperkalemija), difuzne bolesti miokarda (npr. miokardijalna fibroza, sistemske bolesti sa zahvaćanjem miokarda), tešku hipoksiju, ishemiju miokarda ili toksičnost lijekova (prokainamid) (2).

## 5.3. WOLF-PARKINSON-WHITE PREEKSCITACIJA

WPW preekscitacija posljedica je prijenosa električnog impulsa iz pretkljetke u kljetku mimo AV-čvora i His-Purkinjeovog sustava kroz nenormalni, akcesorni put (Kentov snop) koji premošćuje fibroznu granicu između atrija i ventrikula. Za razliku od AV-čvora, akcesorni put nema sposobnost usporavanja brzine prolaska električnog impulsa iz pretkljetke u kljetku. Posljedice toga jesu ranija depolarizacija i kontrakcija kljetke nego što je to u normalnim uvjetima i skraćenje PR intervala. Prijevremena aktivacija kljetki očituje se u standardnom elektrokardiogramu pojavom delta-vala i produljenim trajanjem QRS kompleksa. Usmjerenost vektora delta-vala upućuje na položaj akcesornog puta (3,51).

### 5.3.1. DIJAGNOZA

Skraćeni PR-interval i početak delta-vala prije kraja P-vala često se naziva i preekscitacija. Dijagnoza WPW-sindroma postavlja se tek kada uz tipične promijene u elektrokardiogramu (preekscitacija) postoje i simptomi supraventrikularne tahikardije. U tom slučaju akcesorni put provodi impulse u oba smjera, iz atrija u ventrikule i obratno. U ovih bolesnika tahikardija nastupa najčešće naglo, bez poznatog poticajnog čimbenika, pa se uobičajeno naziva i paroksizmalna supraventrikularna tahikardija (SVT), a u napadu tahikardije delta-val najčešće nestaje (26,51). Jedan od nespecifičnih znakova koji može uputiti na preekscitaciju i tako pomoći postavljaju dijagnoze jest izostanak septalnih Q-valova u inferiornim i lateralnim odvodima. Takav se nalaz viđa u 85% pacijenata s WPW preekscitacijom

(52).

Manje od 50% djece s akcesornim putem ima prepoznatljiv delta-val u elektrokardiogramu. U njih akcesorni put prenosi impulse samo retrogradno, pa je EKG u sinus ritmu normalan, ali su pacijenti skloni SVT. Takvo se stanje naziva „skriveni akcesorni put“ (3,15).

Elektrokardiografski zapis WPW preekscitacije može oponašati druga stanja koja uzrokuju abnormalnosti u EKG-u kao što su hipertrofija klijetki, RBBB ili bolesti miokarda. Ako je pacijentu dijagnosticirana WPW preekscitacija ne može se sa sigurnošću postaviti dijagnoza hipertrofije klijetki na osnovi elektrokardiografskog nalaza. Naime, visoke amplitude QRS kompleksa često se viđaju u WPW preekscitaciji kao posljedica asinkrone depolarizacije klijetki, a ne njihove hipertrofije (2).

KRITERIJI ZA DIJAGNOZU WPW SINDROMA (31):

1. Skraćenje PR intervala ispod donje granice normalnog za dob

Tablica 10. Donje granice trajanja PR intervala s obzirom na dob. Prevedeno. (2)

< 1 god	0,075 sekundi
1 – 3 god	0,080 sekundi
3 – 5 god	0,085 sekundi
5 – 12 god	0,090 sekundi
12 – 16 god	0,095 sekundi
Odrasli	0,120 sekundi

2. Delta val
3. Široki QRS kompleksi, dulji od gornje granice normalnog za dob

### 5.3.2. SIMPTOMI

Pacijenti koji boluju od WPW preekscitacije skloni su napadima paroksizmalne supraventrikularne tahikardije. Simptomi se javljaju tek u napadu SVT, a ovise o dobi djeteta. U dojenčadi se mogu vrlo brzo pojaviti znakovi srčane insuficijencije, osobito uz napade s frekvencijom oko 300/min, što u rijetkim slučajevima može uzrokovati iznenadnu srčanu smrt. Incidencija iznenadne srčane smrti kao posljedice WPW sindroma iznosi 4,5 na 1000 oboljelih godišnje (53). Dojenče je blijedosive boje,

zaplašeno, nemirno i razdražljivo, tahipnoično, slabog pulsa, često hladnih okrajina i dispnoično, stenje i ima povećanu jetru. Kod veće djece postoji osjećaj straha, zapaža se bljedoća, dispneja, palpitacije, kod duljeg trajanja i prekordijalna bol te vrtoglavica, ali se sinkope ne opisuju (3).

### 5.3.3. OSTALI OBLICI PREEKSCTIACIJE

Postoje i drugi oblici preekscitacije koji također mogu uzrokovati teške supraventrikularne tahikardije (SVT). To su Lown-Ganong-Levineov sindrom i Mahaim- tip preekscitacije.

Lown-Ganong-Levineov sindrom obilježava skraćen PR interval i QRS kompleks normalnog trajanja. U ovom sindromu vlakna Jamesovog snopa prenose električni signal iz atrija u Hisov snop zaobilazeći AV-čvor što uzrokuje skraćanje PR intervala, dok se depolarizacija klijetki odvija na uobičajen način, kroz vlakna His-Purkinjeova sustava. Ako uz ovakav EKG nalaz u pacijenta ne postoje simptomi SVT ne postavlja se dijagnoza Lown-Ganong-Levineova sindroma, već se takav nalaz čita isključivo kao kratak PR interval. (2)

Mahaim- tip preekscitacije karakterizira normalan PR interval i široki QRS kompleksi s delta-valom. U pacijenata postoji nenormalni Mahaim snop vlakana koji povezuje AV-čvor i jednu od klijetki, pa se ona depolarizira zaobilazeći Hisov snop (26).

## 6. PATOLOŠKE PROMIJENE ST-SEGMENTA I T-VALA

Elektrokardiografske promijene ST-segmenta i T-vala u odraslih su česte, dok se u djece nalaze relativno rijetko. Razlog tome jest viša incidencija ishemijske bolesti srca, blokova grana Hisova snopa (BBB), infarkta miokarda (MI) i drugih kardioloških bolesti u odraslih. Razlikujemo patološke i nepatološke promijene ST-segmenta. Abnormalni pomaci ST-segmenta često su praćeni inverzijom T-vala. Patološki pomak ST-segmenta podrazumijeva silazni nagib ST-segmenta praćen difazičnim ili obrnutim T-valom ili horizontalnu elevaciju ili depresiju ST-segmenta (veću od 1, tj 2

milimetra) održanu dulje od 0,08 sekundi. Patološki pomaci ST-segmenta viđaju se kod hipertrofije lijeve ili desne klijetke s uzorkom „naprezanja“, toksičnosti digitalisa, perikarditisa, miokarditisa, infarkta miokarda i elektrolitskih poremećaja kao što tu hipokalemija i hiperkalemija (54).

Promijene T-vala često prate stanja koja uzrokuju pomake ST-segmenta. Promijene T-vala, s ili bez pomaka ST-segmenta, također se javljaju i kod blokova grana Hisova snopa (BBB) i ventrikularnih aritmija.

### **6.1. PERIKARDITIS**

Elektrokardiografske promijene koje se viđaju u perikarditisu posljedica su oštećenja subepikardnog miokarda ili perikardijalnog izljeva. Perikardijalni izljev smanjuje amplitude QRS kompleksa na manje od 5 milimetra u svim odvodima s udova, dok oštećenje subepikardnog miokarda uzrokuje o vremenu ovisne promijene ST-segmenta i T-vala. Najraniji elektrokardiografski znak perikarditisa mogu biti abnormalnosti PR-segmenta (47). Tek kasnije nastaju uobičajeni znakovi perikarditisa kao što je elevacija ST-segmenta u odvodima iznad lijeve klijetke. U narednih 2 do 3 dana ST-segment ponovno postaje izoelektričan, a inverzija T-vala javlja se 2 do 4 tjedna od početka bolesti (48,55).

### **6.2. INFARKT MIOKARDA**

Ishemija miokarda je u djece sa strukturno zdravim srcem, tj. u djece koja ne boluju od kongenitalnih srčanih bolesti ili kardiomiopatije, iznimno rijetko stanje. Iako rijetka, sva stanja koja uzrokuju MI u odraslih opisana su i u djece. To su ateroskleroza (u djece kao posljedica obiteljske hiperkolesterolemije), miokarditisi, sistemski lupus (SLE), nodozni poliarteritis, hipertenzija, diabetes mellitus. Rijetki uzroci MI specifični za pedijatrijsku populaciju jesu anomalno odvajanje lijeve koronarne arterije od plućne arterije (ALCAPA) (43), endokardijalna fibroelastoza, embolija koronarne arterije kao posljedica infektivnog endokarditisa ili jatrogeno nakon intervencijske ili dijagnostičke kateterizacije lijevog srca, a iznimno rijetko i kao posljedica nesmotrenog oštećenja koronarne arterije za vrijeme operacije na srcu. Posljednjih

su se godina, kao važni uzroci MI u pedijatrijskoj populaciji, pojavile rane i kasne sekvele Kawasakijske bolesti (56), kirurške komplikacije switch- operacije potpune transpozicije velikih arterija i Rossove operacije aortalne stenoze, koronarna vaskulopatija nakon transplantacije srca i dilatativna kardiomiopatija (41).

Uz anamnezu i status, elektrokardiografija je temeljni dijagnostički postupak kod sumnje na srčanu ishemiju ili infarkt. Prilikom uzimanja anamneze kod starije djece i adolescenata sa strukturno zdravim srcem i simptomima boli u prsištu treba ispitati i eventualnu konzumaciju opojnih droga (primjerice kokaina) jer one povećavaju rizik koronarnog vazospazma i mogu precipitirati ishemiju miokarda.

Dok su u odraslih jasno definirane smjernice za postavljanje dijagnoze infarkta miokarda na osnovu EKG nalaza (57,58), u djece to nije slučaj. Osobitosti pedijatrijskog EKG-a uvelike se mijenjaju s dobi djeteta, te su stoga i smjernice manje specifične.

Elektrokardiografski nalaz infarkta miokarda mijenja se s vremenom. EKG se rijetko snima već u hiperakutnoj fazi jer ona traje svega nekoliko sati. Češće se EKG snima u fazi ranog razvoja u kojoj se zapažaju patološki Q-valovi koji su abnormalno duboki i široki, elevacija ST-segmenta ( $>2\text{mm}$ ) u dva ili više susjedna odvoda (odvoda koji snimaju susjedne dijelove srca- vidi tablicu 12) i inverzija T-vala. Dok u odraslih Q-valovi trebaju trajati dulje od 0,04 sekunde, u djece je granica postavljena na 0,035 sekundi. Produžen je i QTc interval ( $>0,44$  sekunde). U narednim tjednima ST-segment se polako vraća na izoelektričnu liniju, a T-valovi ostaju obrnuti. Patološki Q-valovi zaostaju godinama nakon preboljelog infarkta miokarda. Odvodi u kojima su ove promijene vidljive ovise o lokaciji infarkta (41). Treba imati na umu da postoje i stanja koja mogu uzrokovati difuznu ishemiju miokarda s ishemijskim promjenama u svim odvodima, kao što su miokarditis, perikarditis, kardiomiopatije ili teški hipotenzivni šok.

Tablica 11. Odvodi u kojima se očituju EKG promijene ovisno o položaju MI, tj. zahvaćenoj koronarnoj arteriji. Prevedeno i prilagođeno. (2,15)

	Zahvaćena koronarna arterija	Odvodi s udova	Prekordijalni odvodi
Lateralni	Proksimalna LAD	I, aVL	V <sub>5</sub> , V <sub>6</sub>
Anteriorni	LAD nakon odvajanja prve dijagonalne grane		V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub> , V <sub>3</sub>
Anterolateralni	Proksimalna LAD	I, aVL	V <sub>2</sub> – V <sub>6</sub>
Inferiorni	RCA	II, III, aVF	
Stražnji	PDA		V <sub>1</sub> – V <sub>3</sub>

## 7. ELEKTROLITSKI POREMEĆAJI

Depolarizacija i repolarizacija miokarda, tj. kontrakcija i relaksacija srčanog mišića, posljedica su promjena u propusnosti stanične membrane za ione natrija, kalija i kalcija. Svaki od navedenih iona odgovoran je za jednu ili više faza srčanog akcijskog potencijala. Sukladno tomu, promijene koncentracija pojedinih iona uzrokuju specifične elektrokardiografske promijene na osnovu kojih se postavlja dijagnoza elektrolitskog poremećaja. Dok blage promjene koncentracija iona organizam kompenzira, umjerene i teške promjene mijenjaju miokardijalnu funkciju.

### 7.1. KALIJ

#### 7.1.1. HIPOKALEMIJA

Hipokalemija je najčešće posljedica povraćanja ili dijareje, rjeđe Cushingove bolesti ili hiperaldosteronizma. Hipokalemija produljuje fazu 3 akcijskog potencijala i usporava repolarizaciju. Kada serumska koncentracija kalija padne ispod 2,5 mEq/L javljaju se promjene u EKG-u. T-val postaje ravan ili difazičan, javlja se U-val, produljuje se QTc interval, a dolazi i do depresije ST-segmenta. Daljnjim snižavanjem serumske koncentracije dolazi i do produljenja PR intervala, a u ekstremnim slučajevima može nastupiti sinoatrijski blok (59,60).

### 7.1.2. HIPERKALEMIJA

Hiperkalemija najčešće nastaje kao posljedica bubrežne bolesti, kongenitalne adrenalne hiperplazije ili jatrogeno. Porastom koncentracije kalija u EKG-u se postupno javljaju patognomonične promijene. Pri serumskoj koncentraciji kalija od 5,5 – 6,5 mEq/L javljaju se najraniji elektrokardiografski znaci hiperkalemije. To su visoki, našiljeni, simetrični T-valovi. Porastom serumske koncentracije kalija iznad 6,6 mEq/L dolazi do proširivanja QRS kompleksa (intraventrikularni blok) ili do bloka grane Hisova snopa. Kod koncentracije iznad 7,0 mEq/L usporava se provođenje električnih impulsa kroz pretkljetke pa P-val postaje širi i PR interval se produljuje (AV-blok prvog stupnja). Iznad 8,5 mEq/L P-val nestaje. Kod koncentracija većih od 9mEq/L javljaju se bizarni, difazični QRS kompleksi, ventrikularna fibrilacija ili ventrikularna tahikardija, i kao najteža posljedica asistolija (59,60). Te se promijene najbolje uočavaju u I i II, te lijevim prekordijalnim odvodima (2).

### 7.2. KALCIJ

Hiperkalcemiju, između ostalog, mogu uzrokovati hiperparatireoidizam, hipervitaminoza D ili može biti idiopatska. Sukladno tomu, hipokalcemiju uzrokuju hipoparatireoidiza i hipovitaminoza D. Koncentracija iona kalcija utječe na fazu 2 akcijskog potencijala, a time i na trajanje ST-segmenta, a time i na relativni položaj T-vala. Hiper- ili hipokalcemija ne uzrokuju pomak ST-segmenta ni promjene T-vala. Hipokalcemija produljuje ST-segment, a s time i QTc interval (mjereno od početka Q-zupca do kraja T-vala). Hiperkalcemija skraćuje ST-segment i QTc interval (61,62).



## 8. ZAKLJUČAK

Osnovna načela interpretacije EKG-a jednaka su u djece i odraslih, ali se osobitosti normalnog nalaza razlikuju. Postupne promijene anatomije i fiziologije srca koje se odvijaju od trenutka rođenja do adolescencije odražavaju se karakterističnim promjenama u EKG-u. To su prvenstveno promjene morfologije QRS kompleksa i T-vala. Po rođenju je normalan nalaz devijacije električne osi udesno (RAD), visokih R-otklona u desnim prekordijalnim odvodima naspram relativno malih S-otklona (R/S omjer veći od 1) i pozitivnih T-valova u desnim prekordijalnim odvodima. Postupnim zadebljanjem miokarda lijeve klijetke odnosi električnih sila desne i lijeve klijetke se mijenjaju tako da do četvrte godine života dječji EKG nalikuje na EKG mlade odrasle osobe. Točna interpretacija EKG nalaza u ovoj grupi pacijenata je zahtjevna i iziskuje poznavanje specifičnih elektrokardiografskih promjena ovisnih o dobi.

## **9. ZAHVALE**

Veliko hvala mentoru doc. dr. sc. Danielu Dilberu, dr. med. na pomoći pri odabiru teme te pri pisanju i oblikovanju ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem i svojoj obitelji i prijateljima na podršci i razumijevanju koje su mi pružili tokom mog studija.

## 10. LITERATURA

1. Fritsch H, Kuhnel W, Vinter I ur. Priručni anatomski atlas 2. dio: Unutarnji organi. 10. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2012.
2. Park MK. Park's Pediatric Cardiology for Practitioners. 6. izd. Elsevier Saunders; 2014.
3. Mardešić D i sur. Pedijatrija: Bolesti srca i krvnih žila. 8. izd. Zagreb: Školska knjiga; 2016. 693–757 p.
4. Davignon A, Rautaharju P, Boisselle E, Megdlas M, Choquette A. Normal ECG Standards for Infants and Children. *Pediatr Cardiol.* 1979;1(2):123–31.
5. Rijnbeek PR, Witsenburg M, Schrama E, Hess J, Kors JA. New normal limits for the paediatric electrocardiogram. *Eur Heart J.* 2001;22(8):702–11.
6. Semizel E, Öztürk B, Bostan OM, Cil E, Ediz B. The effect of age and gender on the electrocardiogram in children. *Cardiol Young.* 2008;18(1):26–40.
7. Schwartz P, Garson AJ, Paul T, Stramba-Badiale M, Vetter V, Villain E, et al. Guidelines for the interpretation of the neonatal electrocardiogram: a task force of the european society of cardiology. *Eur Heart J.* 2002;23(17):1329–44.
8. Jameson JL, Fauci AS, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL, Loscalzo J U. Harrison's principles of internal medicine. 20. izd. New York: McGraw Hill; 2018.
9. Klingfield P, Gettes LS, Bailey J, Childers R, Deal BJ. AHA/ACC/HRS Scientific Statement: Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram: Part I: The Electrocardiogram and Its Technology. *Circulation.* 2007;115(10):1306–24.
10. Taradi N, Bradovski Z, Habazin I, Kakša M, Miljanović Vrđuka V, Nožinić D, et al. Standardizirani postupci u zdravstvenoj njezi pedijatrijske skrbi. Hrvatska komora medicinskih sestara; 2010.
11. Campbell B, Richley D, Ross C, Eggett C. Clinical Guidelines by Consensus: Recording a Standard 12-Lead Electrocardiogram. An approved method by the

- Society for Cardiological Science and Technology (SCST). 2017.
12. Goodacre S, Mcleod K. ABC of clinical electrocardiography Paediatric electrocardiography Indications for electrocardiography. *Br Med J*. 2002;324:1382–5.
  13. Kusumoto FM, Schoenfeld MH, Barrett C, Edgerton JR, Ellenbogen KA, Gold MR, et al. 2018 ACC/AHA/HRS Guideline on the Evaluation and Management of Patients With Bradycardia and Cardiac Conduction Delay. *Circulation*. 2018;
  14. Page RL, Joglar JA, Caldwell MA, Calkins H, Conti JB, Deal BJ, et al. 2015 ACC/AHA/HRS Guideline for the Management of Adult Patients With Supraventricular Tachycardia. *Circulation*. 2016;133:506–74.
  15. Abdulla R, Bonney W, Khalid O AS. Pediatric electrocardiography: An algorithmic approach to interpretation. Springer; 2016. 119 p.
  16. Singh PN, Athar MS. Simlified calculation of mean QRS vector (mean electrical axis of heart) of electrocardiogram. *Indian J Physiol Pharmacol*. 2003;47(2):212–6.
  17. Dubin D. Brza interpretacija EKG. Beograd: Sportska knjiga; 1988. p. 295.
  18. Tipple M. Interpretation of electrocardiograms in infants and children. *Images Paediatr Cardiol*. 1999;1(1):3–13.
  19. Pearl W, Stafford EM. Left axis deviation in children. *Int J Cardiol*. 1992;34(1):119.
  20. Drezner JA, Ashley E, Baggish AL, Börjesson M, Corrado D, Owens DS, et al. Abnormal electrocardiographic findings in athletes: Recognising changes suggestive of cardiomyopathy. *Br J Sports Med*. 2013;47(3):137–52.
  21. Papadakis M, Basavarajaiah S, Rawlins J, Edwards C, Makan J, Firoozi S, et al. Prevalence and significance of T-wave inversions in predominantly Caucasian adolescent athletes. *Eur Heart J*. 2009;30(14):1728–35.
  22. Rautaharju PM, Davignon A, Soumis F, Boiselle E, Choquette A. Evolution of QRS-T relationship from birth to adolescence in Frank-lead orthogonal

- electrocardiograms of 1492 normal children. *Circulation*. 1979;60(1):196–204.
23. Garson AJ. *The Electrocardiogram in Infants and Children: A Systematic Approach*. Vol. 59. Philadelphia: Lea & Febiger; 1983. 438 p.
  24. Park M, Guntheroth W. *How to Read Pediatric ECGs*. 4. izd. P: Mosby; 2006.
  25. Baruteau AE, Pass RH, Thambo JB, Behaghel A, Le Pennec S, Perdreau E, et al. Congenital and childhood atrioventricular blocks: pathophysiology and contemporary management. *Eur J Pediatr*. 2016;175:1235–48.
  26. Durrer D, Schuilenburg R, Wellens H. Pre-excitation Revisited. *Am J Cardiol*. 1970;25:690–7.
  27. Barić I, Petković Ramađa D, Žigman T. Kardiomiopatije zbog nasljednih metaboličkih bolesti - stari i novi izazovi. *Paediatr Croat*. 2017;61(1):127–35.
  28. Bronzetti G. *Atlas of Pediatric and Youth ECG*. Springer; 2017. 386 p.
  29. Gula LJ, Krahn AD, Skanes AC, Yee R, Klein GJ. Clinical relevance of arrhythmias during sleep: guidance for clinicians. *Heart*. 2004;90:347–52.
  30. Macfarlane PW, Coleman EN, Pomphrey EO, McLaughlin S, Houston A, Aitchison T. Normal limits of the high-fidelity pediatric ECG. *J Electrocardiol*. 1989;22:162–8.
  31. Surawicz B, Childers R, Deal BJ, Gettes LS. AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: Part III: Intraventricular conduction disturbances: A scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee,. *Circulation*. 2009;119(10).
  32. Rautaharju PM, Surawicz B, Gettes LS. AHA/ACCF/HRS Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram Part IV: The ST Segment, T and U Waves, and the QT Interval A Scientific Statement From the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Com. *Circulation*. 2009;119:241–50.
  33. Bazett HC. An Analysis of the Time-Relations of Electrocardiograms. *Heart*.

- 1920;7:353–70.
34. Schwartz PJ, Stramba-Badiale M, Segantini A, Austoni P, Bosi G. Prolongation of the QT interval and the sudden infant death syndrome. *N Engl J Med.* 1998;338:1709–14.
  35. Brugada R, Hong K, Cordeiro JM, Dumaine R. Short QT syndrome. *Can Med Assoc J.* 2005;173(11):1349–54.
  36. Rautaharju PM, Zhang ZM, Prineas R, Heiss G. Assessment of prolonged QT and JT intervals in ventricular conduction defects. *Am J Cardiol.* 2004;93(3):1017–21.
  37. Chiladakis J, Kalogeropoulos A, Koutsogiannis N, Zagkli F, Vlassopoulou N, Chouchoulis K, et al. Optimal QT/JT interval assessment in patients with complete bundle branch block. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2012;17:268–76.
  38. O'Connor M, McDaniel N, Brady WJ. The pediatric electrocardiogram. Part I: Age-related interpretation. *Am J Emerg Med.* 2008;26(2):221–8.
  39. Hancock EW, Deal B, Mirvis D, Okin P, Klingfield P, Gettes LS. AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: part V: electrocardiogram changes associated with cardiac chamber hypertrophy: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography. *Circulation.* 2009;119:251–61.
  40. Guntheroth W. Pediatric Electrocardiography, Normal and Abnormal Patterns, Incorporating the Vector Approach. *Pediatrics.* 1966;37(6).
  41. Towbin JA, Bricker JT, Garson A. Electrocardiographic criteria for diagnosis of acute myocardial infarction in childhood. *Am J Cardiol.* 1992;69(19):1545–8.
  42. Uberoi A, Stein R, Perez M V., Freeman J, Wheeler M, Dewey F, et al. Interpretation of the Electrocardiogram of Young Athletes. *Circulation.* 2011;124(6):746–57.
  43. Hoffman JIE. Electrocardiogram of anomalous left coronary artery from the pulmonary artery in infants. *Pediatr Cardiol.* 2013;34(3):489–91.

44. Klatsky AL, Oehm R, Cooper RA, Udaltsova N, Armstrong MA. The early repolarization normal variant electrocardiogram: Correlates and consequences. *Am J Med.* 2003;115(3):171–7.
45. MacFarlane PW, Antzelevitch C, Haissaguerre M, Huikuri H V., Potse M, Rosso R, et al. The early repolarization pattern: A consensus paper. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66(4):470–7.
46. Obeyesekere MN, Klein GJ, Nattel S, Leong-Sit P, Gula LJ, Skanes AC, et al. A Clinical Approach to Early Repolarization. *Circulation.* 2013;127(15):1620–9.
47. Baljepally R, Spodick DH. PR-segment deviation as the initial electrocardiographic response in acute pericarditis. *Am J Cardiol.* 1998;81(12):1505–6.
48. Nalmas S, Nagarakanti R, Slim J, Abter E, Bishburg E. Electrocardiographic changes in infectious diseases. *Hosp Physician.* 2007;43:15–27.
49. Goldberger A. Atrial and Ventricular Enlargement. In: *Clinical Electrocardiography: A Simplified Approach.* 8.izd. Philadelphia: Elsevier; 2012. p. 44–53.
50. Willems JL, Robles de Medina EO, Bernard R, Coumel P, Fisch C, Krikler D, et al. Criteria for intraventricular conduction disturbances and pre-excitation. *J Am Coll Cardiol.* 1985;5(6):1261–75.
51. Wolff L, Parkinson J WP. Bundle-branch block with short guide application of radiofrequency energy. *Circulation* P-R interval in healthy young people prone to paroxysmal tachycardia. *Am Heart J.* 1930;5(6):685–704.
52. Liberman L, Pass RH, Starc TJ, Hordof AJ, Silver ES. Uncovering the Septal Q Wave and Other Electrocardiographic Changes in Pediatric Patients With Pre-Excitation Before and After Ablation. *Am J Cardiol.* 2010;105(2):214–6.
53. Pappone C, Santinelli V, Rosanio S, Vicedomini G, Nardi S, Pappone A, et al. Usefulness of invasive electrophysiologic testing to stratify the risk of arrhythmic events in asymptomatic patients with Wolff-Parkinson-White pattern: Results from a large prospective long-term follow-up study. *J Am Coll Cardiol.*

- 2003;41(2):239–44.
54. Pollak P, Brady W. Electrocardiographic Patterns Mimicking ST Segment Elevation Myocardial Infarction. *Cardiol Clin.* 2012;30(4):601–15.
  55. Spodick D. Acute Pericarditis - Cedars-Sinai. *JAMA.* 2003;289(9):1150–3.
  56. Fujiwara H, Chen CH, Fujiwara T, Nishioka K, Kawai C, Hamashima Y. Clinicopathologic study of abnormal Q waves in Kawasaki disease (mucocutaneous lymph node syndrome). An infantile cardiac disease with myocarditis and myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 1980;45(4):797–805.
  57. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, Chaitman BR, Bax JJ, Morrow DA, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *Eur Heart J.* 2019;40(3):237–69.
  58. Wagner G, Macfarlane P, Wellens H, Josephson M, Gorgels A. AHA/ACCF/HRS recommendations for the standardization and interpretation of the electrocardiogram: Part VI: Acute ischemia/infarction: a scientific statement from the American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clin. *Circulation.* 2009;119(10):262–70.
  59. Pepin J, Shields C. Advances in diagnosis and management of hypokalemic and hyperkalemic emergencies. *Emerg Med Pract.* 2012;14(2):1–17.
  60. Mandal AK. Hypokalemia and hyperkalemia. *Med Clin North Am.* 1997;81(3):611–39.
  61. Diercks DB, Shumaik GM, Harrigan RA, Brady WJ, Chan TC. Electrocardiographic manifestations: Electrolyte abnormalities. *J Emerg Med.* 2004;27(2):153–60.
  62. El-Sherif N, Turitto G. Electrolyte disorders and arrhythmogenesis. *Cardiol J.* 2011;18(3):233–45.



## **11. ŽIVOTOPIS**

Rođena sam 2. siječnja 1995. godine u Varaždinu, gdje sam završila osnovnu školu i Prvu gimnaziju. Medicinski fakultet pri Sveučilištu u Zagrebu upisala sam 2013. godine. Za vrijeme studija bila sam demonstrator na Zavodu za imunologiju i fiziologiju. Koautor sam tri postera koji su prikazani na međunarodnim studentskim kongresima, ZIMS-u i CROSS-u. Dobitnica sam Dekanove nagrade za uspjeh u akademskoj godini 2017./2018. Aktivno govorim engleski i njemački jezik.