

Henri-Jussi Kurvinen

QRS-AKSELIN MERKITYS ENNUSTEESEEN SEPELVALTIMOTAUTIKOHTAUSPOTILAILLA

Lääketieteen ja terveysteknologian tiedekunta

Syventävien opintojen kirjallinen työ

5/2022

Sisällysluettelo

Johdanto	3
EKG.....	3
QRS-akseli	4
QRS-akseli eri tautitiloissa	4
Sydämen kuormitus ja hypertrofia.....	4
Johtumishäiriöt	5
Ikään liittyvät QRS-akselin muutokset	5
Infarkti	5
Muut	6
Kirjallisuuskatsaus QRS-akselin vaikutuksesta ennusteeseen	6
Johtopäätös	9
Tiivistelmä omasta tutkimuksesta	10
Lähteet	11

Johdanto:

EKG

Elektrokardiografia (EKG) on laajasti käytetty työkalu perusterveydenhuollosta erikoissairaanhoidon. Se antaa tietoa sekä akuuteista että kroonisemmista tautitiloista sydämessä. Lisäksi se on halpa ja nopea tutkimus. Kajoamattomaksi tutkimukseksi EKG:n antama tietomäärä on valtava.

Sydän on lihaskudoksellinen elin, jonka pumppaustoimintaa ohjaa sen sähköratajärjestelmä. Oikean eteisen seinämässä sijaitsevassa sinussolmukkeessa syntyy sähköinen aktivaatio. Sinussolmukkeesta sähköinen aktivaatio etenee oikean eteisen lihassoluihin sekä johtoratajärjestelmää pitkin eteiskammiosolmukkeeseen (AV-solmuke) ja Bachmannin kimppua pitkin vasempaan eteiseen. Sähköisen aktivaation siirtyminen eteisten lihassoluihin saa aikaan eteisten supistuminen. AV-solmukkeessa sähköisen aktivaation eteneminen on hitaampaa kuin muualla johtoratajärjestelmässä, mikä saa aikaan sen, että eteiset supistuvat ennen kammioita. Sähköisen aktivaation eteneminen AV-solmukkeen läpi kestää normaalisti 120-210 ms. AV-solmukkeen jälkeen sähköinen aktivaatio etenee kammioväliseinäessä sijaitsevaa Hisin kimppua pitkin Purkinjen säikeisiin ja edelleen kammion lihassoluihin. Kammioiden lihassolujen sähköinen aktivoituminen saa aikaan kammioiden supistumisen, mikä pumppaa verta sydäimestä eteenpäin. (1,2.)

Sydämen sähköinen toiminta mahdollistaa EKG:n käyttämisen sydämen tutkimiseen. Sen lisäksi, että sähköinen aktivaatio siirtyy johtoratajärjestelmää pitkin sydämen lihassoluihin, siirtyy myös iholle mitattava sähkövirta. Johtoratajärjestelmän solujen massa on sen verran pieni, että ne eivät saa aikaan EKG:lla mitattavaa, iholle etenevää sähkövirtaa. EKG mittaaakin sydämen lihassolujen sähköistä aktivaatiota. (2,3.)

Tavallisimmin käytetään 12-kytkentäistä EKG-mittausta. Siinä raajoihin kiinnitetään neljä elektrodia ja rintakehälle kuusi elektrodia. Raajakytkennät katsovat sydäntä frontaalitasossa, rintakytkennät horisontaalitasossa. (2,4.)

Normaalissa EKG-käyrässä on tunnistettavissa P-aalto, QRS-kompleksi, T-aalto ja joskus U-aalto. P-aalto kuvastaa eteisten depolarisaatiota. QRS-kompleksi muodostuu kammioiden

depolarisoituessa, T-aalto taas kammioiden repolarisoituessa. Joskus T-aaltoa seuraa vielä pienempi U-aalto. U-aallon aiheuttajasta ei ole varmaa tietoa. (2,5.)

QRS-akseli

QRS-akseli kertoo sydämen kammioiden lihassolujen sähköisen aktivoitumisen aiheuttaman sähkövirran keskimääräisen suunnan frontaalitasossa. Tämän ns. summavektorin suunta on tavallisesti alas vasemmalle, koska vasemman kammion massa on selvästi suurempi kuin oikean. (2.) EKG-laitteet mittaavat yleensä QRS-akselin automaattisesti, eli sen lukema on osana laitteen analyysiohjelman antamia mittauksia. Joskus kuitenkin EKG:n tulkitsija joutuu arvioimaan QRS-akselin suunnan manuaalisesti. Tähän on muutamia tapoja, mutta yksi yleisesti käytetty menetelmä lähtee siitä, että ensin etsitään se raajakytkentä, jossa R- ja S-piikit ovat suurinpiirtein yhtä suuret. Seuraavaksi määritellään 360° :n asteikolla kohtisuorassa tätä oleva kytkentä. Jos tämän kytkennän QRS-heilahdus on positiivinen, on QRS-akseli tässä yksinkertaistetussa mallissa tämän kytkennän suuntainen. Jos taas QRS-heilahdus on negatiivinen, on QRS-akseli pois päin tästä kytkennästä. (2.) Normaali QRS-akselin alue on $0^{\circ} - +90^{\circ}$ (6). Lievästi vasemmalle kääntynyttä akselia pidetään yleisesti normaalina vaihteluun kuuluvana, joten usein kliinisessä työssä normaalina QRS-akselin alueena pidetään $-29^{\circ} - +90^{\circ}$.

QRS-akseli eri tautitiloissa:

QRS-akselin normaalialueen ulkopuolelle kääntymisen taustalla on monia syitä. QRS-akseliin vaikuttavat muun muassa sydämen asento, sydämen kammioiden massat ja sähköimpulssin johtuminen kammioiden lihaseinämässä.

Sydämen kuormitus ja hypertrofia

Sydämen kuormituksen kasvaessa kammioiden lihaseinämien massa kasvaa, koska sydän joutuu mukautumaan tilanteeseen verenkierron ylläpitämiseksi. Kun kuormitus kohdistuu vasempaan kammioon, esimerkiksi valtimoverenkierron vastuksen kasvaessa tai läppävuodossa, kasvaa vasemman kammion lihassmassa. (7.) Vasemman kammion hypertrofiaan voidaan liittää QRS-akselin kääntymisen vasemmalle (8). Vastaavasti, kun kuormitus kohdistuu oikeaan kammioon esimerkiksi keuhkovaltimoiden vastuksen kasvaessa, oikean kammion lihassmassa kasvaa (7). Tähän oikean kammion hypertrofiaan liittyy akselin kääntymisen oikealle (8).

Johtumishäiriöt

Kammion sisäisissä johtumishäiriöissä sähköimpulssin johtuminen johtoratajärjestelmää pitkin on häiriintynyt, mikä voi aiheuttaa muutoksia QRS-akselissa. Vasemman etuhaarakkeen katkoksesta (left anterior hemiblock, LAHB) akseli on kääntynyt vasemmalle ollen alle -30° . Vasemman takahaarakkeen katkoksesta (left posterior hemiblock, LPHB) taas akseli on kääntynyt oikealle ollen yli $+90^\circ$. Kyseiset akselimuutokset kuuluvatkin haarakekatosten diagnostisiin kriteereihin. (2,9.)

Vasemmassa haarakatkoksesta (left bundle branch block, LBBB) sähköimpulssin eteneminen on estynyt sekä vasemmassa etu- että takahaarakkeessa (10). Oikeassa haarakatkoksesta (right bundle branch block, RBBB) sähköimpulssin eteneminen on estynyt johtoratajärjestelmän oikeassa haarassa (11). LBBB:hen ja RBBB:hen voi liittyä poikkeava QRS-akseli (7). RBBB:n yhteydessä esiintyessään LAHB ja LPHB aiheuttavat niille tyypilliset akselimuutokset (12).

Perifeerisissä kammionsisäisissä johtumishäiriöissä sähköimpulssin kulku on estynyt Purkinjen säikeissä tai lihaskudoksessa. Näihin voi joskus liittyä QRS-akselin muutoksia riippuen johtumishäiriön paikasta. (7.)

Ikään liittyvät QRS-akselin muutokset

Ikääntymiseen liittyy usein lievä QRS-akselin vasemmalle kääntyminen, ei kuitenkaan alle -30° (13). Nuorilla voi olla lievästi oikealle kääntynyt akseli (14).

Infarkti

Sekä etusivuseinän että alaseinän sydäninfarkti voi aiheuttaa vasemmalle kääntyneen akselin aiheuttamalla vaurion vasempaan etuhaarakkeeseen jolloin seurauksena syntyy LAHB. Laaja alaseinän infarkti voi aiheuttaa vasemmalle kääntyneen akselin myös ilman LAHB:ta. Tässä tapauksessa alaseinän infarkti estää sähkövirran kulkemisen alaspäin. Summavektori kääntyy tällöin vasemmalle ylös. (15.)

Muut

Keuhkoemfyseema voi olla vasemmalle kääntyneen QRS-akselin aiheuttaja (15). Syytä tälle ei tiedetä, mutta mahdollisesti syy on mittaustekninen. Ilmatäytteinen keuhko estää sähkövirran johtumisen lateraalisesti, mikä aiheuttaa sähkövirran johtumisen raajakytkentöihin vertikaalisemmin. (16.)

Wolf-Parkinson-Whiten oireyhtymässä voidaan joskus nähdä vasemmalle kääntynyt akseli. Kyseessä on synnynnäinen ylimääräinen oikorata eteisten ja kammioden välillä. Sähkön johtuessa oikorataa pitkin, sen suunta on poikkeava. Oikoradan aktivoitessa ensin sydämen takaseinän kammioväliseinän lähistöllä, etenee sähköinen aktivaatio viimeisenä sydämen etuseinään ja ylöspäin, aiheuttaen QRS-akselin kääntymisen vasemmalle ylös. Jos oikorata kulkee kohti vasemman kammion takaseinää, voi seurauksena olla myös vasemmalle ylös kääntynyt akseli. (15.)

Joskus koko sydän voi olla kääntynyt poikkeavasti vasemmalle jolloin myös QRS-akseli kääntyy vasemmalle. Sydämen kääntymistä vasemmalle voi aiheuttaa erilaiset vatsaontelosta tilaa vievät muutokset, kuten askites, tuumorit, lihavuus ja raskaus. (17.)

Kammioperäisissä rytmeissä sekä kammio tahdistuksessa sähköimpulssi ei kulje sydämessä normaalia johtoratajärjestelmää pitkin. Tästä seuraa usein poikkeava QRS-akseli. (17.)

Kirjallisuuskatsaus QRS-akselin vaikutuksesta ennusteeseen:

Prognostic Impact of QRS Axis Deviation in Patients Treated With Cardiac Resynchronization Therapy (18)

Tutkimuksessa arvioitiin poikkeavan QRS-akselin merkitystä ennusteeseen 707:llä sydämen vajaatoimintapotilaalla, joilla oli LBBB ja joille aloitettiin sydämen vajaatoiminnan tahdistinhoito (cardiac resynchronization therapy, CRT). Normaali akseli oli määritelty välille -30° - $+90^{\circ}$, vasen akseli $<-30^{\circ}$ ja oikea akseli $+90^{\circ}$ - $+180^{\circ}$. Päätetapahtumana oli kuolema tai sairaalahoito sydämen vajaatoiminnan vuoksi. Sekä kuolleisuus että sairaalahoito oli yleisempää oikean ja vasemman akselin ryhmissä (kuolleisuus: normaali akseli 18 %, vasen akseli 23 % ja oikea akseli 36 %, $p=0,04$; sairaalahoito: normaali akseli 22 %, vasen akseli 30 % ja oikea akseli 40 %, $p=0,01$) Oikean akselin ryhmässä ennuste oli huonoin.

Left axis deviation in patients with left bundle branch block is a marker of myocardial disease associated with poor response to cardiac resynchronization therapy (19)

Tutkimuksessa tutkittiin 68 potilasta, joilla oli LBBB ja joille aloitettiin CRT-hoito. Ennen tahdistimen asennusta tehtiin kaikille potilaille sydämen magneettitutkimus. Sydämen rakennemuutokset olivat yleisempiä potilailla, joilla QRS akseli oli poikkeava, ja poikkeava QRS-akseli oli yhteydessä suurempaan arpikudoksen määrään sydämessä. Lisäksi merkittävää vasemman kammion hypertrofiaa esiintyi enemmän potilailla, joilla oli vasemmalle kääntynyt akseli.

Prognostic Significance of Left Axis Deviation in Acute Heart Failure Patients with Left Bundle branch block: an Analysis from the Korean Acute Heart Failure (KorAHF) Registry (20)

Tutkimuksessa arvioitiin vasemman akselin merkitystä kuolleisuuteen 292 akuuttia sydämen vajaatoimintaa sairastavalla potilaalla, joilla oli LBBB. Potilaat ryhmiteltiin QRS-akselin mukaan: vasen akseli $<-30^\circ$ (n = 103) ja muut (n = 189). Seuranta-ajan mediaani oli 24 kuukautta. Vasen akseli ei lisännyt merkitsevästi kuolleisuutta (vasen akseli 46,6 % ja muut 39,7 %; adjusted hazard ratio 1,01; 95 % luottamusväli 0,66; p=0,97). Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin vasemman kammion supistusvoimaa kuvaavan ejektiofraktion olevan merkitsevästi huonompi ja oikean kammion laajentumisen yleisempää vasemman akselin ryhmässä.

Usefulness of QRS Axis Change to Predict Mortality in Patients With Left Bundle Branch Block (21)

Tutkimuksessa arvioitiin QRS-akselin merkitystä kuolleisuuteen potilailla, joilla oli LBBB. Kuolleisuus oli hieman korkeampi potilailla, joilla oli vasemmalle kääntynyt QRS-akseli verrattuna normaaliin akseliin (16,3 % vs 14,4 %), mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Kuolleisuus oli kuitenkin merkitsevästi korkeampi potilailla, joilla lähtötilanteessa akseli oli normaali, mutta joilla kehittyi seurannassa vasemmalle kääntynyt akseli.

Significance of left axis deviation in patients with chronic left bundle branch block (22)

Tutkimuksessa tutkittiin vasemmalle kääntyneen akselin merkitystä LBBB-potilailla. Normaalin akselin ryhmässä oli 49 potilasta, vasemman akselin ryhmässä 53. Vasemman akselin ryhmässä oli korkeampi sydänsairastavuus sekä sydäntautiin liittyvä kuolleisuus verrattuna normaaliin akseliin.

Clinical impact of left and right axis deviations with narrow QRS complex on 3-year outcomes in a hospital-based population in Japan (23)

Tutkimuksessa arvioitiin QRS-akselin merkitystä 3353 potilaalla, joilla ei ollut johtumishäiriötä ja QRS-kesto oli alle 110 ms. Potilaat jaettiin akselin mukaan kolmeen ryhmään: normaali akseli -30° - $+90^{\circ}$ (n = 3088), vasen akseli -30° - -90° (n = 171) ja oikea akseli $+90^{\circ}$ - $+180^{\circ}$ (n = 94). Tutkimuksesta poissuljettiin potilaat, joilla oli oikealle ylös kääntynyt akseli. Seuranta-aika oli kolme vuotta ja päätetapahtumana oli kuolema tai merkittävä sydän- tai verisuonitapahtuma. Vasemman akselin ryhmässä oli merkitsevästi suurempi päätetapahtuman riski (vasen akseli 26,4 %, oikea akseli 22,7 % ja normaali akseli 18,4 %, $p=0,004$).

Incidental abnormal ECG findings and long-term cardiovascular morbidity and all-cause mortality: A population based prospective study (24)

Tutkimuksessa arvioitiin EKG:n sattumalöydösten merkitystä ennusteeseen aikuisilla, joilla ei ollut diagnosoitua sydänsairautta. Tutkimuksessa havaittiin vasemmalle kääntyneen akselin olevan yhteydessä suurempaan yleiseen kuolleisuusriskiin.

New-onset extreme right axis deviation in acute myocardial infarction: clinical characteristics and outcomes (25)

Tutkimuksessa tutkittiin uuden oikealle ylös kääntyneen akselin merkitystä 30 sepelvaltimotautikohtauspotilaalla, joilla ei ole täydellistä haarakatkosta. Potilasmäärä oli pieni, mutta sairaalakuolleisuus oli tutkimuspopulaatiossa suhteellisen korkea 23,3 %.

Right Axis Deviation in Acute Myocardial Infarction: Clinical Significance, Hospital Evolution, and Long-Term Follow-Up (26)

Tutkimuksessa tutkittiin QRS-akselin oikealle kääntymisen ennusteellista merkitystä akuutin sydäninfarktin yhteydessä. Seurannassa kolmelletoista potilaasta 3160:stä (0,41 %) kehittyi LPHB. Sairaalakuolleisuus tässä ryhmässä oli varsin suuri (38,5 %) verrattuna verrokkiryhmään (3,3 %).

Electrocardiographic Predictors of Mortality in Acute Anterior Wall Myocardial Infarction with Right Bundle Branch Block and Right Precordial Q-Waves (qRBBB) (27)

Tutkimuksessa arvioitiin kuolleisuuteen vaikuttavia tekijöitä akuutin etuseinäinfarktin sairastaneilla potilailla, joilla oli RBBB ja sen lisäksi Q-aalto rintakytkennöissä. Oikealle ylös kääntynyt akseli oli yhteydessä suureen sairaalakuolleisuuteen (odds ratio, OR 13,43; $p=0,021$).

Johtopäätös:

QRS-akselin merkityksestä sydäninfarktin yhteydessä on vain vähän tietoa. Oikealle kääntynyt akseli sekä oikealle ylös kääntynyt akseli näyttäisi lisäävän kuolleisuutta akuutin infarktin yhteydessä (25,26,27). LAHB taas ei vaikuta kuolleisuuteen sydäninfarktipotilailla (28,29,30). LBBB:hen yhdistettynä vasemmalle kääntynyt akseli ennustaa huonompaa vastetta CRT-hoidolle (18,19). LBBB:n ja vasemmalle kääntyneen akselin yhdistelmällä kuolleisuus ei näyttäisi olevan tilastollisesti merkitsevästi suurentunut (20,21). Yhdessä tutkimuksessa kuitenkin havaittiin suurempi kuolleisuus sydän- ja verisuonisairauksiin vasemman akselin ryhmässä (22). LBBB:n yhteydessä vasemmalle kääntynyt akseli on yhteydessä huonompaan ejektiofraktioon ja oikean kammion laajentumiseen (20). Sattumalöydöksenä havaittu vasemmalle kääntynyt akseli terveessä väestössä on yhteydessä suurempaan yleiseen kuolleisuusriskiin (24). Japanilaisessa tutkimuksessa kuoleman ja merkittävän sydän- tai verisuonitapahtuman riski oli suurin potilailla, joilla oli vasemmalle kääntynyt akseli. Tutkimuksessa poissuljettiin potilaat, joilla oli oikealle ylös kääntynyt akseli, millä voi olla vaikutusta tuloksiin. (23.) Poikkeava QRS-akseli näyttäisi olevan yhteydessä suurempaan arpikudoksen määrään sydämessä (19).

Tiivistelmä omasta tutkimuksesta:

Johdanto:

EKG:n frontaalitason QRS-akselin kääntyminen normaalialueen ulkopuolelle voi johtua monista eri kardiologisista tiloista. Kirjallisuudesta löytyy hyvin vähän tietoa QRS-akselin merkityksestä ennusteellisena tekijänä sepelvaltimotautikohtauspotilailla.

Aineisto ja menetelmät:

Tässä tutkimuksessa arvioimme frontaalitason QRS-akselin ja sen muuttumisen merkitystä sairaalajakson aikana sepelvaltimotautikohtauspotilaiden ennusteeseen. Aineistona käytimme TACOS (Tampere Acute Coronary Syndrome) -tutkimuksen aineistoa, joka sisälsi kaikki sepelvaltimokohtaus potilaat, jotka tulivat hoitoon Tampereen yliopistolliseen keskussairaalaan 1.1.2002 – 31.3.2003 välisenä aikana. Yhteensä 1026 potilasta täytti sisäänottokriteerit. Heidät jaettiin kolmeen ryhmään tulovaiheen EKG:n QRS-akselin perusteella: normaali akseli (-29° - $+90^{\circ}$, $n = 823$), vasen akseli (-30° - -90° , $n = 166$) ja oikea tai vahvasti oikealle kääntynyt akseli (90° - $+270^{\circ}$, $n = 37$). Lisäksi potilaat jaettiin ryhmiin tulo- ja kotiutusvaiheen EKG:n akselimuutoksen perusteella: akselin muutos näiden kahden ajankohdan välillä 0° - $+30^{\circ}$, yli $+30^{\circ}$, -1° - -30° ja alle -30° .

Tulokset:

Elossaoloaikojen mediaanit olivat normaalin akselin ryhmässä 9,0 vuotta (95 % luottamusväli 7,9-10,0), vasemman akselin ryhmässä 3,6 vuotta (2,4-4,7) ja oikean tai vahvasti oikealle kääntyneen akselin ryhmässä 1,3 vuotta (0,2-2,4). Sekä lyhyen että pitkän aikavälin kuolleisuus oli pienempi normaalin akselin ryhmässä ja suurempi oikean ja vahvasti oikealle kääntyneen akselin ryhmässä. Monimuuttuja-analyysissä sekä vasemman että oikean ja vahvasti oikealle kääntyneen akselin vaarasuhde oli korkeampi verrattuna normaaliin akseliin (vasen akseli: adjustoitu HR [aHR] 1,35; 95 % luottamusväli 1,10-1,70, $p=0,004$; oikea ja vahvasti oikealle kääntynyt akseli: aHR 1,84; 95 % luottamusväli 1,26-2,70, $p=0,002$). QRS-akselin muuttuminen akseliryhmästä toiseen havaittiin 152 potilaalla. Akselimuutoksella ei ollut vaikutusta ennusteeseen.

Johtopäätös:

Sekä vasen että oikea tai vahvasti oikealle kääntynyt akseli olivat yhteydessä korkeampaan kuolleisuuteen sepelvaltimotautikohtauspotilailla. Huonoin ennuste oli oikean ja vahvasti oikealle kääntyneen akselin ryhmässä. QRS-akselin muutoksella sairaalajakson aikana ei ollut vaikutusta kuolleisuuteen.

Lähteet:

1. Ekg duodecim: Mäkijärvi M, Nikus K, Raatikainen P, Parikka H (toim.). EKG [online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2019 (luettu 14.1.2022). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): www.oppiporrtti.fi/op/ekg00005.
2. Thaler M. *The Only EKG Book You'll Ever Need*. 9th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2019.
3. Ekg duodecim: Mäkijärvi M, Nikus K, Raatikainen P, Parikka H (toim.). EKG [online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2019 (luettu 14.1.2022). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): www.oppiporrtti.fi/op/ekg00002.
4. Ekg duodecim: Mäkijärvi M, Nikus K, Raatikainen P, Parikka H (toim.). EKG [online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2019 (luettu 14.1.2022). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): www.oppiporrtti.fi/op/ekg00009.
5. Ekg duodecim: Mäkijärvi M, Nikus K, Raatikainen P, Parikka H (toim.). EKG [online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2019 (luettu 14.1.2022). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): www.oppiporrtti.fi/op/ekg00007.
6. Ekg duodecim: Mäkijärvi M, Nikus K, Raatikainen P, Parikka H (toim.). EKG [online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2019 (luettu 14.1.2022). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): www.oppiporrtti.fi/op/ekg00012.
7. Hall, J. E. (2016). *Guyton and hall textbook of medical physiology* (13th ed.). Elsevier.
8. Hancock EW, Deal BJ, Mirvis DM, Okin P, Kligfield P, Gettes LS, Bailey JJ, Childers R, Gorgels A, Josephson M, Kors JA, Macfarlane P, Mason JW, Pahlm O, Rautaharju PM, Surawicz B, van Herpen G, Wagner GS, Wellens H; American Heart Association Electrocardiography and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; American College of Cardiology Foundation; Heart Rhythm Society. 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 and Arrhythmias Committee, Council on Clinical Cardiology; the American College of Cardiology Foundation; and the Heart Rhythm Society. Endorsed by the International Society for Computerized Electrocardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2009 Mar 17;53(11):992-1002. doi: 10.1016/j.jacc.2008.12.015. PMID: 19281932.
9. Özdemir K, Uluca Y, Daniş G, et al. Importance of Left Anterior Hemiblock Development in Inferior Wall Acute Myocardial Infarction. *Angiology*. 2001;52(11):743-747.
10. Ekg duodecim: Mäkijärvi M, Nikus K, Raatikainen P, Parikka H (toim.). EKG [online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2019 (luettu 14.1.2022). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): www.oppiporrtti.fi/op/ekg00048.
11. Ekg duodecim: Mäkijärvi M, Nikus K, Raatikainen P, Parikka H (toim.). EKG [online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2019 (luettu 14.1.2022). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): www.oppiporrtti.fi/op/ekg00043.
12. Ekg duodecim: Mäkijärvi M, Nikus K, Raatikainen P, Parikka H (toim.). EKG [online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2019 (luettu 14.1.2022). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): www.oppiporrtti.fi/op/ekg00051.
13. Ekg duodecim: Mäkijärvi M, Nikus K, Raatikainen P, Parikka H (toim.). EKG [online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2019 (luettu 14.1.2022). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen): www.oppiporrtti.fi/op/ekg00105.
14. Hiss RG, Lamb LE, Allen MF. Electrocardiographic findings in 67,375 asymptomatic subjects. X. Normal values. *Am J Cardiol*. 1960;6:200—31. doi:10.1016/0002-9149(60)90047-3
15. Perloff JK, Roberts NK, Cabeen WR Jr. Left axis deviation: a reassessment. *Circulation*. 1979 Jul;60(1):12-21. doi: 10.1161/01.cir.60.1.12. PMID: 156091.

16. GRANT RP. Left axis deviation; an electrocardiographic-pathologic correlation study. *Circulation*. 1956 Aug;14(2):233-49. doi: 10.1161/01.cir.14.2.233. PMID: 13356476.
17. Kashou AH, Basit H, Chhabra L. Electrical Right and Left Axis Deviation. 2021 Nov 5. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan–. PMID: 29262101.
18. Perrotta L, Kandala J, Di Biase L, Valleggi A, Michelotti F, Pieragnoli P, Ricciardi G, Mascioli G, Lakkireddy D, Pillarisetti J, Emdin M, Natale A, Singh JP, Padeletti L. Prognostic Impact of QRS Axis Deviation in Patients Treated With Cardiac Resynchronization Therapy. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2016 Mar;27(3):315-20. doi: 10.1111/jce.12887. Epub 2016 Jan 14. PMID: 26640084.
19. Storkås HS, Hansen TF, Tahri JB, Lauridsen TK, Olsen FJ, Borgquist R, Vinther M, Lindhardt TB, Bruun NE, Søgaard P, Risum N. Left axis deviation in patients with left bundle branch block is a marker of myocardial disease associated with poor response to cardiac resynchronization therapy. *J Electrocardiol*. 2020 Nov-Dec;63:147-152. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2019.04.007. Epub 2019 Apr 5. PMID: 31003852.
20. Choi KH, Han S, Lee GY, Choi JO, Jeon ES, Lee HY, Lee SE, Kim JJ, Chae SC, Baek SH, Kang SM, Choi DJ, Yoo BS, Kim KH, Cho MC, Park HY, Oh BH. Prognostic Significance of Left Axis Deviation in Acute Heart Failure Patients with Left Bundle branch block: an Analysis from the Korean Acute Heart Failure (KorAHF) Registry. *Korean Circ J*. 2018 Nov;48(11):1002-1011. doi: 10.4070/kcj.2018.0048. PMID: 30334387; PMCID: PMC6196157.
21. Patel PJ, Verdino RJ. Usefulness of QRS axis change to predict mortality in patients with left bundle branch block. *Am J Cardiol*. 2013 Aug 1;112(3):390-4. doi: 10.1016/j.amjcard.2013.03.045. Epub 2013 Apr 30. PMID: 23642510.
22. Dhingra RC, Amat-Y-Leon F, Wyndham C, Sridhar SS, Wu D, Rosen KM. Significance of left axis deviation in patients with chronic left bundle branch block. *Am J Cardiol*. 1978 Oct;42(4):551-6. doi: 10.1016/0002-9149(78)90622-7. PMID: 696636.
23. Seko Y, Kato T, Yamaji Y, Haruna Y, Nakane E, Haruna T, Inoko M. Clinical impact of left and right axis deviations with narrow QRS complex on 3-year outcomes in a hospital-based population in Japan. *Sci Rep*. 2021 Apr 26;11(1):8892. doi: 10.1038/s41598-021-88259-8. PMID: 33903653; PMCID: PMC8076182.)
24. Goldman A, Hod H, Chetrit A, Dankner R. Incidental abnormal ECG findings and long-term cardiovascular morbidity and all-cause mortality: A population based prospective study. *Int J Cardiol*. 2019 Nov 15;295:36-41. doi: 10.1016/j.ijcard.2019.08.015. Epub 2019 Aug 7. PMID: 31412991.
25. Bellamoli M, Marin F, Maritan L, Prati D, Tadiello E, Pesarini G, Mugnai G, Ribichini FL, Pighi M. New-onset extreme right axis deviation in acute myocardial infarction: clinical characteristics and outcomes. *J Electrocardiol*. 2020 May-Jun;60:60-66. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2020.03.003. Epub 2020 Mar 9. PMID: 32272291.
26. Lewin RF, Sclarovsky S, Strasberg B, Arditti A, Erdberg A, Agmon J. Right axis deviation in acute myocardial infarction. Clinical significance, hospital evolution, and long-term follow-up. *Chest*. 1984 Apr;85(4):489-93. doi: 10.1378/chest.85.4.489. PMID: 6705577.
27. Paul A, Bhatia KS, Alex AG, Thomson VS, Mani T, Sharathbabu NM. Electrocardiographic Predictors of Mortality in Acute Anterior Wall Myocardial Infarction With Right Bundle Branch Block and Right Precordial Q-Waves (qRBBB). *Can J Cardiol*. 2020 Nov;36(11):1764-1769. doi: 10.1016/j.cjca.2020.02.065. Epub 2020 Feb 11. PMID: 32610093.
28. Col JJ, Weinberg SL. The incidence and mortality of intraventricular conduction defects in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 1972 Mar;29(3):344-50. doi: 10.1016/0002-9149(72)90529-2. PMID: 5060806.

29. Kincaid DT, Botti RE. Significance of isolated left anterior hemiblock and left axis deviation during acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 1972 Dec;30(8):797-800. doi: 10.1016/0002-9149(72)90002-1. PMID: 4264039.
30. Büyüköztürk K, Korkut F, Meric M, Deligönül U, Ozkan E, Ozcan R. Prognostic significance of isolated left anterior hemiblock and left axis deviation in the course of acute myocardial infarction. *Br Heart J.* 1977 Nov;39(11):1192-5. doi: 10.1136/hrt.39.11.1192. PMID: 588375; PMCID: PMC483395.